

**FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN FINANCIERA PARA DETERMINAR EL  
ACABADO DEL PAVIMENTO DE LA VÍA Terciaria Privada de Acceso  
A LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA “EL MUÑÍS 500/230 KV” UBICADA EN EL  
MUNICIPIO DE SOACHA - CUNDINAMARCA**

**GLORIA EUGENIA TAMAYO GIRALDO**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ESUMER  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS  
MEDELLIN**

**2011**

**FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN FINANCIERA PARA DETERMINAR EL  
ACABADO DEL PAVIMENTO DE LA VÍA Terciaria Privada de Acceso  
A LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA “EL MUÑÍS 500/230 KV” UBICADA EN EL  
MUNICIPIO DE SOACHA - CUNDINAMARCA**

**GLORIA EUGENIA TAMAYO GIRALDO**

**Trabajo de grado como requisito para optar al título de**

**Especialista en Gerencia de Proyectos**

**Docente Asesor del Proyecto:**

**FERNANDO LEÓN MADRIGAL GUTIÉRREZ**

**Administrador de Empresas –  
Especialista en Finanzas, Preparación y Evaluación de Proyectos**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ESUMER**

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS  
MEDELLÍN**

**2011**

## **Nota de aceptación**

**Aprobado por el Jurado de Tesis en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Institución Universitaria ESUMER para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos.**

---

**Coordinadora de Postgrados**

***Karen López Calvo***

---

**Asesor Metodológico**

***Fernando León Madrigal Gutiérrez***

---

**Asesor Temático**

***Fernando León Madrigal Gutiérrez***

**Medellín, 15 de Noviembre de 2011**

## **AGRADECIMIENTOS**

La autora expresa sus agradecimientos:

A mi Asesor en este Trabajo de Grado, Docente Fernando León Madrigal Gutiérrez, por su valiosa orientación y motivación.

A mi familia, por su apoyo incondicional.

A Dios, por colmarme de salud y sabiduría para culminar con éxito esta etapa tan enriquecedora de mi vida.

.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE ILUSTRACIONES	xii
GLOSARIO Y SIGLAS	xiii
INTRODUCCIÓN	20
1. RESUMEN DEL PROYECTO	22
1.1 NOMBRE DEL PROYECTO	22
1.2 RESUMEN EJECUTIVO	22
1.2.1 En Español	22
1.2.2 En Inglés	23
2. FORMULACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	24
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	27
4. OBJETIVOS	30
4.1 OBJETIVO GENERAL	30
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	32

6.	MARCO DE REFERENCIA	35
6.1	ESTADO DEL ARTE	35
6.2	MARCO TEÓRICO	36
6.3	MARCO CONCEPTUAL	41
7.	PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	46
7.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
7.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	46
7.3	MÉTODO Y PASOS DE LA INVESTIGACIÓN	47
8.	USUARIOS POTENCIALES Y SECTORES BENEFICIADOS	49
9.	FORMULACIÓN DEL PROYECTO	50
9.1	ANÁLISIS SECTORIAL	50
9.1.1	Composición del Sector	54
9.1.1.1	Sector Eléctrico	54
9.1.1.2	Sector Transporte y Comunicaciones	55
9.1.2	Situación Histórica del Sector	55
9.1.3	Situación Actual del Sector Eléctrico	57
9.1.4	Perspectivas del Sector	59
9.1.5	Conclusión General del Análisis del Sector	65
9.2	ANÁLISIS TÉCNICO	67
9.2.1	Localización	68
9.2.1.1	Macrolocalización	68

9.2.1.2 Microlocalización	69
9.2.2 Ingeniería del Proyecto	70
9.2.2.1 Características Técnicas de los Tipos de Pavimento	71
9.2.2.2 Pavimento en Afirmado	73
9.2.2.3 Descripción Técnica de la Carretera	74
9.2.2.4 Deterioro de Pavimentos	75
9.2.2.5 Actividades Requeridas para la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Existente	78
9.2.2.6 Actividades de Mantenimiento en la Carretera	80
9.2.2.7 Inversiones en Maquinaria y Equipo para Rehabilitación y Mejoramiento y Mantenimiento de la Carretera	85
9.2.2.8 Descripción de Insumos para Construcción y para Mantenimiento de la Carretera	85
9.2.3 Aspectos Legales y Ambientales	86
9.2.3.1 Licenciamiento Ambiental	87
9.2.3.2 Guías Ambientales	89
9.2.3.3 Programas de Manejo Ambiental	90
9.2.3.4 Conclusiones del Estudio de los Aspectos Legales y Ambientales	92
9.2.4 Aspectos Administrativos	93
9.2.4.1 Contratación	93
9.2.4.2 Interventoría del Proyecto	97
9.2.4.3 Conclusiones del Estudio Administrativo	97
9.2.5 Inversiones, Costos y Financiación	97
9.2.5.1 Inversiones y Financiación	97
9.2.5.2 Costos y Presupuestos	98
9.2.6 Conclusión General del Análisis Técnico	105

9.3	EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO	106
9.3.1	Horizonte de Evaluación del Proyecto	106
9.3.2	Criterios de Evaluación Financiera	106
9.3.3	Presupuestos y Flujo de Caja del Proyecto	107
9.3.3.1	Costos de Rehabilitación y Mejoramiento	107
9.3.3.2	Costos de Mantenimiento Rutinario	108
9.3.3.3	Costos de Mantenimiento Periódico	115
9.3.3.4	Resumen de los Factores de Ajuste para la Proyección de los Flujos de Caja	116
9.3.3.5	Costos de Construcción y Mantenimiento de la Vía para el Año Cero	116
9.3.3.6	Tasa de Descuento de los Flujos de Caja del Proyecto	118
9.3.3.7	Flujos de Caja del Escenario 1 - Proyección a 10 Años	120
9.3.3.8	Flujos de Caja del Escenario 2 - Proyección a 25 Años	126
9.3.3.9	Análisis de Sensibilidad	133
9.3.3.10	Conclusión del Análisis de Sensibilidad	135
10.	CONCLUSIONES	141
11.	RECOMENDACIONES	145
	BIBLIOGRAFÍA Y CIBERGRAFÍA	147



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de daños de la superficie de un pavimento asfáltico .....	76
Tabla 2: Tipos de deterioros de la estructura de un pavimento flexible .....	77
Tabla 3: Tipos de daños de la superficie de un pavimento en afirmado .....	78
Tabla 4: Tipos de deterioros de la estructura de un pavimento en afirmado .....	78
Tabla 5: Actividades de mantenimiento rutinario en pavimentos en asfalto y afirmado ....	82
Tabla 6: Actividades de mantenimiento periódico en pavimentos en asfalto y afirmado...	84
Tabla 7: Proyectos, obras o actividades relacionados con el sector eléctrico y de la red vial nacional que requieren Licencia Ambiental.....	88
Tabla 8: Proyectos, obras o actividades relacionados con el sector eléctrico y de la red vial nacional que requieren Licencia Ambiental.....	88
Tabla 9: Presupuesto actividades de rehabilitación y mejoramiento de la vía con acabado en afirmado.....	99
Tabla 10: Presupuesto actividades de rehabilitación y mejoramiento de la vía con acabado en asfalto.....	100
Tabla 11: Presupuesto actividades de mantenimiento rutinario vía con acabado en afirmado .....	102
Tabla 12: Presupuesto actividades de mantenimiento periódico vía con acabado en afirmado .....	103
Tabla 13: Presupuesto actividades de mantenimiento rutinario vía con acabado en asfalto .....	103
Tabla 14: Presupuesto actividades de mantenimiento periódico vía con acabado en asfalto .....	104
Tabla 15: Variación anual del SML en Colombia desde 1985 al 2011.....	109
Tabla 16: Variación anual del IPC en Colombia desde 1985 al 2010 .....	110
Tabla 17: Comparación de las variaciones anuales del SML y el IPC en Colombia para el período 1986 – 2011.....	112

Tabla 18: Cálculo del factor de ajuste para los valores del mantenimiento rutinario de la carretera .....	113
Tabla 19: Variación Anual Proyectada de la Inflación Interna (IPC) .....	114
Tabla 20: Variación Anual Proyectada del IPP .....	115
Tabla 21: Comportamiento Real y Estimado para los Indicadores Utilizados en la Proyección.....	116
Tabla 22: Resumen de Costos de Rehabilitación, Mejoramiento y Mantenimientos Rutinario y Periódico de la Vía para el Año Cero, y los Factores de Ajuste Utilizados ...	117
Tabla 23: Escenario 1 – Flujo de Caja a 10 Años – Vía con Pavimento en Afirmado.....	120
Tabla 24: Cálculo VPN, CAE y VF para Flujo de Caja a 10 Años – Vía con Pavimento en Afirmado .....	121
Tabla 25: Escenario 1 – Flujo de Caja a 10 Años – Vía con Pavimento en Asfalto .....	122
Tabla 26: Cálculo VPN, CAE y VF para Flujo de Caja a 10 Años – Vía con Pavimento en Asfalto .....	124
Tabla 27: Escenario 2 – Flujo de Caja a 25 Años – Vía con Pavimento en Afirmado.....	127
Tabla 28: Cálculo VPN, CAE y VF para Flujo de Caja a 25 Años – Vía con Pavimento en Afirmado .....	128
Tabla 29: Escenario 2 – Flujo de Caja a 25 Años – Vía con Pavimento en Asfalto .....	129
Tabla 30: Cálculo VPN, CAE y VF para Flujo de Caja a 25 Años – Vía con Pavimento en Asfalto .....	131
Tabla 31: Resumen de Costos y Factores de Ajuste o Indexación de las Cifras.....	133
Tabla 32: Análisis de Sensibilidad .....	139

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localización de la carretera de acceso a la subestación eléctrica.....	25
Figura 2: Deterioro del pavimento respecto al tiempo .....	38
Figura 3: Sección típica de un pavimento flexible .....	44
Figura 4: Crecimiento actual del PIB.....	57
Figura 5: Proyecciones de crecimiento del PIB (%) – Oferta, 2010.....	58
Figura 6: Estructura de la Dirección - DIES.....	59
Figura 7: Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014.....	60
Figura 8: Proyección del crecimiento del consumo interno de energía eléctrica .....	64
Figura 9: Oportunidades para los generadores y demás agentes del sector eléctrico colombiano .....	66
Figura 10: Zona de influencia indirecta del Proyecto.....	69
Figura 11: Trazado de la carretera de acceso a la subestación eléctrica .....	70
Figura 12: Mapa de procesos para la elaboración del PAGA.....	91

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Secuencia fotográfica del estado actual de la carretera en estudio..... 74

## **GLOSARIO Y SIGLAS**

**AHUELLAMIENTO:** Depresión longitudinal continua de un pavimento asfáltico en las zonas de más frecuente canalización del tránsito.

**AGREGADO:** Material inerte y duro, tal como grava, roca triturada escoria o arena.

**AGREGADO FINO:** Agregado pasante en el tamiz de 2,36 mm (No. 8).

**AGREGADO GRUESO:** Agregado retenido en el tamiz de 2,36 mm (No. 8).

**AGRIETAMIENTO:** Aparición de grietas de diversa índole en la superficie de un pavimento.

**ASFALTO:** Material de color oscuro, que puede tener consistencia líquida, semisólida o sólida, compuesta principalmente de hidrocarburos casi en su totalidad, solubles en sulfuro de carbono.

**BACHE:** Desintegración total de la superficie de rodadura, que puede extenderse a otras capas del pavimento, formando una cavidad de bordes y profundidades irregulares.

**BACHEO:** Reparación localizada de un pavimento, consistente en la excavación y remoción de los materiales inadecuados y su reemplazo por otros de calidad satisfactoria, debidamente compactada.

**CALZADA:** Sección transversal destinada a la circulación de los vehículos, constituida por uno o más carriles, para uno o dos sentidos.

**CARRIL:** Sección transversal destinada para la circulación de una sola fila de vehículos.

**CORRIMIENTO:** Distorsiones de la superficie del pavimento por desplazamiento de la mezcla asfáltica, a veces acompañadas por levantamientos de material, que forman cordones laterales.

**CORRUGACIÓN:** Serie de ondulaciones, constituidas por crestas y depresiones, perpendiculares a la dirección del tránsito, las cuales se suceden muy próximas unas de otras, a intervalos aproximadamente regulares, en general menor de un metro entre ellas, a lo largo del pavimento.

**DEPRESIÓN:** Hundimiento localizado de un pavimento asfáltico, de forma circular o parecida a ella, sin pérdida de material.

**DESINTEGRACIÓN DE BORDES:** Consiste en la progresiva destrucción de los bordes del pavimento.

**DESINTEGRACIÓN:** Separación progresiva de los materiales que componen el pavimento, desde la superficie hacia abajo o desde los bordes hacia el interior.

**DESPRENDIMIENTO:** Pérdida de material superficial que generalmente afecta áreas de un pavimento.

**EXUDACIÓN DE ASFALTO:** El afloramiento del ligante de la mezcla asfáltica a la superficie del pavimento formando una película continua de bitumen.

**FALLA:** Defecto en la superficie de rodamiento de un pavimento que puede afectar adversamente su estabilidad y seguridad, comodidad y rapidez de la circulación del tránsito.

**FISURA PIEL DE COCODRILO:** Serie de fisuras interconectadas que forman pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente con un diámetro promedio de 30 mm.

**GRIETA:** Hendidura, aproximadamente vertical, que se presenta en la superficie del pavimento, con abertura mayor de 3 mm. Este deterioro es la evolución de una fisura.

**HUNDIMIENTO:** Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada.

**MORTERO ASFÁLTICO:** Mezcla elaborada generalmente en frío, de emulsión asfáltica y materiales pétreos de granulometría fina, que se coloca extendiéndolo sobre una superficie asfáltica.

**PARCHEO:** Área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente.

**PENDIENTE:** Grado o porcentaje de inclinación (ascendente o descendente) de una vía.

**PELADURA:** Desintegración superficial de la capa de la carpeta asfáltica.

**PÉRDIDA DE AGREGADOS:** La separación de los agregados de la capa de superficie; dichos agregados quedan en estado suelto y forman cordones a lo largo de la carretera.

**PLATAFORMA:** Distancia horizontal, medida normalmente al eje, entre los extremos exteriores de las cunetas o los hombros.

**SECCIÓN TRANSVERSAL INADECUADA:** deformaciones en la superficie de la carretera que no permiten el flujo de las aguas pluviales hacia los sistemas de drenaje y forman estancamientos.

**RIEGO DE LIGA:** Consiste en la aplicación uniforme de un ligante asfáltico sobre losas de concreto o sobre una capa bituminosa, previamente a la extensión de otra capa bituminosa.

**RIEGO DE IMPRIMACIÓN:** Consiste en la aplicación uniforme de una emulsión asfáltica o asfalto líquido sobre una superficie granular terminada, previamente a la extensión de una capa asfáltica o un tratamiento bituminoso.

**RIEGO EN NEGRO:** Aplicación ligera de un ligante asfáltico sobre la capa superficial de un pavimento, para restaurar la impermeabilidad y renovar el aspecto de la calzada.

**SECCIÓN LONGITUDINAL:** Medida a lo largo de una vía, banqueteta, bahía, etc.

**SECCIÓN TRANSVERSAL:** Medida a lo ancho de una vía, banqueteta, bahía, etc., que permite definir distancias y los elementos de que consta (superficie, rodamiento, camellones y banquetetas).

**SELLO DE ARENA ASFALTO:** Consiste en la aplicación de un material bituminoso sobre la superficie de un pavimento existente, seguida por la extensión y compactación de una capa de arena.

**TRÁNSITO:** Movimiento de vehículos y/o peatones que se desplazan sobre una vialidad.



TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE: Consiste en dos aplicaciones de un material bituminoso seguidas sucesivamente por la extensión y compactación de sendas capas de agregado pétreo, sobre una superficie.

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE: Consiste en la aplicación de un riego de material bituminoso sobre una superficie, seguido por la extensión y compactación de una capa de agregado pétreo.

TPD: Tránsito promedio diario. El TPD es una medida de tránsito fundamental, definida como el número total de vehículos que pasan por un punto determinado durante un periodo establecido. El periodo debe estar dado como días completos y además estar comprendido entre 1 a 365 días

VÍA: Es una infraestructura de transporte, especialmente acondicionada dentro de una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.

AEROCIVIL: Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil

CBR: California Bearing Ratio (Medida de capacidad de carga de los suelos)

CNC: Consejo Privado de Competitividad

COP: Peso Colombiano

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas

DIES: Dirección de Infraestructura y Energía Sostenible

DNP: Departamento Nacional de Planeación

GW: Giga Watios

INCO: Instituto Nacional de Concesiones

INVÍAS: Instituto Nacional de Vías

kV: Kilovatio

MCIT: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

MMBPE: Millones de barriles de petróleo crudo equivalente

PIB: Producto Interno Bruto

PP: Actividad de mantenimiento periódico-pavimentos.

PR: Actividad de mantenimiento rutinario-pavimentos.

SME: Subdirección Minas y Energía

SNC: Sistema Nacional de Competitividad

ST: Subdirección de Transporte

STO: Subdirección Telecomunicaciones

SUPERTRANSPORTE: Superintendencia de Puertos y Transporte

TIE: Transacciones Internacionales de Electricidad

TWh: Tera Watios/hora

XM: Expertos en Mercados

500/230 kV: Capacidad de transformación de una subestación eléctrica de alta tensión (500 kV a 230 kV).

## INTRODUCCIÓN

Las empresas estatales y privadas que llevan a cabo proyectos de infraestructura eléctrica, tales como subestaciones de energía, plantas de generación y micro centrales, requieren muchas veces adquirir para la construcción de sus proyectos lotes que están ubicados por fuera de la red vial nacional, situación que obliga a tener que construir o rehabilitar carreteras privadas para garantizar el acceso a dichos proyectos, convirtiéndose así la construcción o la rehabilitación de estas carreteras en una actividad adicional al objetivo central del proyecto, que evidentemente conlleva altos costos asociados tanto por su construcción o rehabilitación inicial como por su mantenimiento preventivo y correctivo futuros.

En la práctica el primer dilema que surge con relación a la vía es definir su tipo de acabado, que puede ser con pavimento en afirmado o bien con pavimento en asfalto; y claro está, la decisión se toma en la mayoría de las veces subjetivamente por la alternativa que se crea de menor costo. Igualmente, se tiene como paradigma que carreteras construidas en asfalto demandan una mayor inversión inicial que las construidas en afirmado, pero que existe una compensación derivada de los costos futuros destinados al mantenimiento que se suponen son menores para vías en asfalto que en afirmado.

Si se tiene en cuenta además, que el buen desempeño de un pavimento está relacionado con las actividades de mantenimiento rutinario y periódico que se dé a la carretera y que estas contribuyen con la durabilidad, seguridad y comodidad de los usuarios, se hace más importante analizar la conveniencia del tipo de acabado de la vía, los trabajos de mantenimiento requeridos y la inversión que se demandará durante la operación del proyecto de infraestructura eléctrica.

En este contexto, se planteó como objetivo general del presente trabajo: Determinar el acabado del pavimento para la vía terciaria privada de acceso a la

subestación eléctrica “El Muñís 500/230 kV” que resulte más conveniente desde la perspectiva financiera (costo eficiente) para las alternativas de selección entre afirmado o pavimento asfáltico.

El trabajo se desarrolla bajo una estructura que comprende cinco contenidos:

Un primer capítulo que presenta la identificación del proyecto, más un análisis del sector eléctrico y de su engranaje con el sector transporte, entendiéndose este último como motor de desarrollo de los proyectos de infraestructura que se desarrollan en el país.

En la segunda parte se hace una introducción a los conceptos de construcción y mantenimiento de vías y a los diferentes tipos de pavimentos, con el fin de ilustrar los aspectos técnicos que permiten seleccionar el tipo de acabado, según las bondades que cada uno ofrece.

Un tercer contenido se destina a la descripción técnica de la vía en estudio y los trabajos requeridos para su rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento.

El cuarto tema presenta los resultados de la evaluación financiera realizada a partir de los presupuestos alusivos a la rehabilitación y mejoramiento de la carretera en estudio con cada una de las opciones analizadas (asfalto y afirmado) y los presupuestos elaborados para el mantenimiento rutinario y periódico de cada opción; que permiten seleccionar, desde la perspectiva financiera, la alternativa de acabado de la vía más conveniente para el proyecto de construcción y operación de la subestación eléctrica.

En la quinta y última parte del trabajo se registran las conclusiones finales obtenidas y recomendaciones presentadas, cerrando con la bibliografía y cibergrafía utilizadas en la elaboración del mismo.

## **1. RESUMEN DEL PROYECTO**

### **1.1 NOMBRE DEL PROYECTO**

Formulación y Evaluación Financiera para determinar el acabado del pavimento de la vía terciaria privada de acceso a la subestación eléctrica “El Muñís 500/230 kV” ubicada en el Municipio de Soacha - Cundinamarca.

### **1.2 RESUMEN EJECUTIVO**

#### **1.2.1 En Español**

Los proyectos de infraestructura eléctrica que se desarrollan en el país, requieren para su correcta operación construir y mantener obras de infraestructura civil que permitan acceder a los sitios de trabajo en condiciones especiales que garanticen la continuidad del servicio. Dentro de este grupo de obras civiles se encuentran las carreteras de acceso, las cuales por sus características particulares deben ser evaluadas financieramente, de tal forma que su mantenimiento y operación presenten indicadores de eficiencia para la empresa prestadora del servicio.

El presente trabajo se realizó con el fin de evaluar la conveniencia de pavimentar o no una carretera terciaria privada de bajo volumen de tráfico que sirve de acceso a un proyecto de infraestructura eléctrica, considerando que sus condiciones particulares de bajo tráfico vehicular no implicaría una gran demanda de recursos para su operación. En consecuencia, se obtienen resultados que dan la certeza a la empresa promotora del proyecto de utilizar un tipo de pavimento que resulta económicamente más eficiente y que garantiza la operación de la carretera, siempre y cuando se implemente un adecuado programa de mantenimiento rutinario y periódico que conserven la vía en operación.

### **1.2.2 En Inglés**

Electrical infrastructure projects taking place in the country, require for its proper operation to build and maintenance civil infrastructure that allow access into work sites and can ensure continuity of service. Within this group of civil works are the access roads privates, which by its characteristics must be evaluated financially, so that its maintenance and operation present indicators of efficiency to the providing company service.

This study was made in order to evaluate the suitability of paving or not a tertiary road of low traffic volume that provides access to an electrical infrastructure project by considering that their particular conditions of low vehicular traffic would not involve a high demand of resources for its operation. Consequently, we obtain results that give certainty to the project promoter to use a type of pavement that is economically more efficient and ensures the operation of the road, as long as they implement an adequate program of routine and periodic maintenance to keep the road in operation.

## 2. FORMULACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

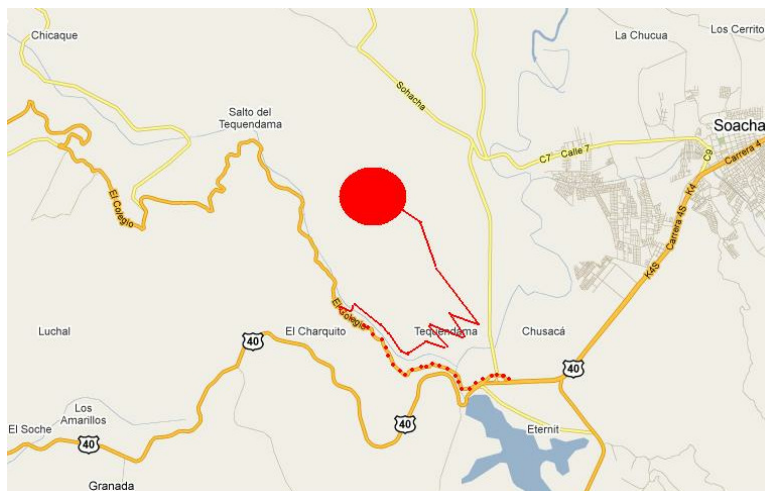
Las empresas estatales y privadas que llevan a cabo proyectos de infraestructura eléctrica tales como subestaciones de energía, plantas de generación, microcentrales, requieren muchas veces adquirir para la construcción de sus proyectos lotes que están ubicados por fuera de la red vial nacional, lo que los obliga a tener que construir o rehabilitar carreteras privadas para garantizar el acceso a dichos proyectos, así la construcción o la rehabilitación de estas carreteras en una actividad adicional al objetivo central del proyecto, que evidentemente conlleva altos costos asociados tanto por su construcción o rehabilitación inicial como por su mantenimiento preventivo y correctivo futuros.

Para acceder a los lotes en los cuales se construyen los proyectos de infraestructura eléctrica mencionados, los vehículos deben transitar por carreteras privadas hasta los sitios seleccionados. Para orientar el presente trabajo de evaluación financiera, se analizarán los costos asociados a la rehabilitación y mejoramiento de una carretera terciaria privada existente de longitud 5 km que parte desde inmediaciones del Río Bogotá en el sector conocido como El Charquito hasta el predio seleccionado por la Empresa dueña del Proyecto para construir la subestación eléctrica de alta tensión “El Muñís 500/230 kV”. La carretera en estudio se presenta en la Figura 1.

La carretera existente se clasifica conforme el Código Nacional de Tránsito Terrestre (Ley 769 de 2002), como una vía carretable y privada, por estar ubicada en zona rural y no pertenecer a la red vial nacional y por sus bajas especificaciones técnicas. Es importante tener en cuenta que por las características de operación de la carretera esta se considera como una vía de bajo volumen de tránsito, aspecto fundamental a la hora de tomar cualquier decisión con respecto al tipo de acabado para la superficie de rodadura.



**Figura 1: Localización de la carretera de acceso a la subestación eléctrica**



**Fuente:** Elaboración propia

En visita realizada a la carretera en estudio por parte del grupo de ingenieros responsables del proyecto, se concluyó que dadas las características geométricas y el deterioro en que se encuentra actualmente la vía, se requiere realizar una intervención sobre esta que garantice que las condiciones de tránsito sean aptas tanto para las etapa de construcción como de operación de la subestación eléctrica.

De acuerdo con el presupuesto asignado al proyecto de la subestación eléctrica, la empresa dueña del proyecto ha decidido realizar los trabajos de rehabilitación y mejoramiento de la vía existente y dejarla con afirmado como acabado final para la etapa de operación. Sin embargo, dadas las características geométricas de la vía como lo son pendiente y ancho de banca, el tipo y número de vehículos que transitarán sobre ella, la alta pluviosidad de la zona y la importancia para el dueño de la subestación eléctrica de contar con buenas condiciones de tránsito para la atención de eventos y la correcta operación de la misma, es probable que se requieran realizar trabajos de mantenimiento rutinarios y/o periódicos sobre el afirmado de la vía para garantizar una buena condición de operación durante los 25 años que dura inicialmente el contrato de concesión de la subestación.

Alternativamente se podría optar por realizar sobre la carretera no solo los trabajos de rehabilitación y mejoramiento sino también pavimentarla en asfalto, aumentando así los costos del presupuesto inicial de construcción y en reciprocidad pudiendo disminuir las actividades y costos inherentes al mantenimiento, debido a que esta superficie ofrece mejores garantías de durabilidad y rodadura.

Para definir esta situación, se propone realizar el estudio financiero de análisis de las alternativas: rehabilitación y mejoramiento de la vía con acabado en afirmado, o bien rehabilitación y mejoramiento de la vía con acabado en pavimento asfáltico; que permita a la empresa usuaria de la carretera obtener mayores beneficios en términos de disminución (eficiencia) en costos y tomar la decisión más conveniente desde la perspectiva financiera que implique la operación del proyecto.

### 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de infraestructura eléctrica al que servirá de acceso la vía en estudio, consiste en la construcción de una subestación eléctrica de alta tensión y su objetivo es construir, administrar, operar y mantener una subestación que permita atender el crecimiento de la demanda en áreas urbanas desarrolladas y ofrecer mayor confiabilidad al Sistema Eléctrico Nacional.

Para acceder al lote seleccionado para la subestación eléctrica se deben realizar los trabajos de rehabilitación y mejoramiento de la carretera existente. Estos trabajos permitirán garantizar el acceso al sitio durante las etapas de construcción y operación de la subestación.

Dada la importancia de un proyecto de este tipo dentro del Sistema Eléctrico Nacional, se requiere contar con acceso rápido y seguro al sitio de la subestación, cuando esta se encuentre en operación.

Si se tiene en cuenta que el buen desempeño de un pavimento está relacionado con las actividades de mantenimiento rutinario y periódico de la carretera, las cuales contribuyen con la durabilidad, seguridad y comodidad de los usuarios, se hace más importante analizar la conveniencia del tipo de acabado de la vía y los trabajos de mantenimiento requeridos tanto para vías en afirmado como vías en pavimento asfáltico y la inversión que esto demandará durante el período de concesión de la subestación.

Este análisis permitirá a la empresa usuaria de la carretera tomar la mejor decisión para obtener los siguientes beneficios:

- **Beneficio de tipo social:** Tanto la empresa dueña de la subestación como los agricultores que utilizan esta carretera para acceder a zonas de cultivos

ubicadas en cercanías del predio, podrán contar con una vía en buen estado sin que esto signifique para ellos altos costos de inversión por rehabilitación y mejoramiento y mantenimiento. La inclusión de estos beneficios no se cuantificarán para la toma de la decisión, se incorpora su análisis como variable cualitativa.

- **Beneficio de tipo financiero:** Desde el punto de vista financiero, la empresa propietaria de la subestación optimizaría la inversión que debe realizar para rehabilitar y mantener la carretera de acceso, ya que es su responsabilidad la prestación continua del servicio de energía, por tanto requiere mantener la carretera en buen estado para acceder a la subestación en caso de que se llegue a presentar un evento o una emergencia. Una vez se realice el análisis de alternativas, la empresa podrá decidir cuál es el acabado final de la vía que le garantiza las condiciones de acceso y movilidad al menor costo, considerando no solo el costo de los trabajos de rehabilitación y mejoramiento sino también los costos asociados al mantenimiento rutinario y periódico.
- **Beneficio de tipo técnico:** Desde el punto de vista técnico, la empresa propietaria de la subestación debe velar por mantener unas condiciones seguras para el transporte de vehículos y equipos requeridos tanto para el montaje como para la operación de la misma. Debe considerar entonces la conveniencia desde el punto de vista técnico en el momento de seleccionar el tipo de acabado de la vía.
- **Beneficio de tipo científico:** El análisis de las alternativas para el acabado de vías carretables en proyectos de infraestructura eléctrica constituye un aporte a las empresas prestadoras de servicios públicos, que para algún proyecto en particular se enfrentan a la dicotomía de si van a construir o rehabilitar las vías con acabado en pavimento asfáltico o las van a dejar solo en afirmado, pues si bien es cierto que tales vías no tienen en extremo un tráfico continuo que

pueda deteriorarlas por uso en la etapa de operación si se enfrentan a este problema durante la etapa de construcción de la subestación; además, se deben considerar también los costos del mantenimiento que garantice su operación segura.

- **Beneficio de tipo académico:** El análisis de alternativas permitirá poner en práctica los conocimientos adquiridos y su real aplicación en una circunstancia definida, específicamente como es el caso de la rehabilitación y mejoramiento y del mantenimiento de carreteras privadas de orden terciario.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar el acabado del pavimento para la vía terciaria privada de acceso a la subestación eléctrica “El Muñís 500/230 kV” que resulte más conveniente desde la perspectiva financiera (costo eficiente), para las alternativas de selección entre afirmado o pavimento asfáltico.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Calcular los costos asociados a la rehabilitación y mejoramiento de la vía terciaria privada de acceso a la subestación eléctrica “El Muñís 500/230 kV”, evaluando las alternativas de acabado final de la carretera en pavimento asfáltico o bien en afirmado.
- Identificar las actividades de mantenimiento requeridas durante la etapa de operación de la vía terciaria privada de acceso a la subestación eléctrica de referencia para cada una de las dos opciones consideradas (pavimento asfáltico - afirmado).
- Calcular los costos asociados al mantenimiento preventivo y correctivo para la vía terciaria privada de acceso a la subestación eléctrica de referencia, correspondientes a las alternativas de acabado final en pavimento asfáltico y en afirmado.
- Seleccionar la mejor alternativa para el acabado final de la vía terciaria privada de acceso a la subestación eléctrica “El Muñís 500/230 kV” (pavimento asfáltico o afirmado), con base en los resultados obtenidos de la evaluación financiera.

- Recabar información de tipo sectorial, administrativa, legal, ambiental, técnica y financiera que permita obtener los datos que se requieren para realizar la evaluación financiera de las alternativas consideradas para la selección del tipo de pavimento.

## 5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Una de las limitaciones de la investigación es la falta de datos estadísticos sobre el tráfico vehicular y el deterioro asociado en vías terciarias de bajo volumen, relacionados con la periodicidad de los mantenimientos y los daños reales sobre la estructura del pavimento, que permitan obtener mayor precisión sobre las acciones de mantenimiento propuestas y los costos asociados a dichas actividades.

Sin embargo, para la realización del trabajo se han consultado fuentes externas de las que se han obtenido datos técnicos aplicables al mantenimiento requerido en este tipo de carreteras mediante los cuales se calculan los costos estimados o aproximados de rehabilitación y mantenimiento y de mantenimiento para cada tipo de acabado de la vía, como información de entrada requerida para la realización de la evaluación financiera.

Otra limitación de la investigación es la reserva con la información, razón por la cual no se transcriben en el trabajo las fuentes y los nombres reales de la empresa dueña del proyecto.

Con respecto a limitaciones relacionadas con la ejecución propia del proyecto, es preciso señalar que no se presentan limitaciones para el proyecto de mejoramiento de la carretera ni la ejecución de los mantenimientos, tal como se indica a continuación,

Con relación a limitaciones de orden geográfico, no existen impedimentos para intervenir la carretera con el ánimo de rehabilitarla y mejorarla, y menos aún para ejecutar las tareas de mantenimiento (rutinario y periódico). Es decir que desde el punto de vista geográfico, no se presentan situaciones o accidentes geográficos



que impidan que los trabajos se puedan llevar a cabo de manera sencilla y controlada y que se pueden realizar con maquinaria básica y mano de obra, sin necesidad de construir obras complejas que puedan en un momento determinado hacer inviable la construcción de la misma.

Con relación a limitaciones de orden social, no se tienen registros ni evidencias que indiquen que en esta zona se hayan presentado dificultades de orden público o de seguridad que atenten contra el cumplimiento de los cronogramas de trabajo y presupuestos que se destinen a obras de esta naturaleza. Además, cabe mencionar que al tener la posibilidad de celebrar contratos con asociaciones, cooperativas y corporaciones que aglutinan pobladores o personas oriundas de la zona para adelantar los trabajos de construcción y de mantenimiento de la carretera, es posible llevar a cabo programas con la comunidad con los cuales se logren tener acercamientos entre la población y la empresa dueña del proyecto.

Desde el punto de vista de limitaciones de orden legal y ambiental, el Instituto Nacional de Vías, publicó en el año 2007 la “Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura - Subsector Vial”, el cual tiene como propósito fundamental mejorar la planeación, seguimiento y control ambiental y social durante las diferentes etapas del ciclo de los proyectos que NO requieren de licencia ambiental para su ejecución. Esta Guía de Manejo ha sido reglamentada por la Resolución 07106 del 02 de Diciembre de 2009, y facilita ejecución de este tipo de proyectos, disminuyendo las incertidumbres que se generan en la ejecución de obras viales, por tanto, no se presentan limitaciones del orden legal y ambiental para la rehabilitación y mantenimiento de la carretera en estudio.

Las limitaciones de orden financiero para la realización de los trabajos de mejoramiento y rehabilitación de la carretera son también inexistentes para este proyecto, ya que la vía se considera como un componente del proyecto de mayor complejidad y dimensión como lo es la subestación eléctrica de alta tensión; en

vista de esto, se cuenta con el presupuesto para su intervención desde el mismo otorgamiento de la concesión e incluso existe disponibilidad de capital suficiente para ello por parte de la Empresa dueña del proyecto. Las acciones estarán destinadas a racionalizar los costos, o visto desde la óptica de aumentar la rentabilidad, que es la lógica de los negocios y las realizaciones empresariales.

## **6. MARCO DE REFERENCIA**

### **6.1 ESTADO DEL ARTE**

El Departamento Nacional de Planeación de la República de Colombia, dentro de las Guías Sectoriales de Proyectos ha publicado la Guía No 7 – Modelo HDM “THE HIGHWAY DESIGN AND MAINTENANCE STANDARD MODEL” para Proyectos de Construcción y Mejoramiento de Carreteras, en el cual se exponen las recomendaciones del Banco de Proyectos de Inversión Nacional - BPIN con respecto a la evaluación de proyectos de vías nacionales y regionales, en las cuales se ejecuten obras de construcción de variantes o mejoramiento de especificaciones.

Sin embargo, por los volúmenes de tráfico y las características técnicas de la vía en estudio, esta metodología no es aplicable debido a que esta es una vía privada del orden terciario, de bajo flujo vehicular y cuyo interés se limita específicamente a la empresa que opera la subestación eléctrica y, con cierto impacto, de algunos agricultores que tienen sus cultivos en terrenos cercanos a la subestación y que requieren moverse por la misma para sacar sus productos hasta la carretera principal.

Ahora bien, en términos muy amplios, se tiene como paradigma que resulta justificable pavimentar una vía en afirmado cuando los costos de construcción o en este caso, rehabilitación y mantenimiento de la vía pavimentada, más los de operación de los vehículos que circulen sobre ella, resulten inferiores a los costos de mantenimiento y operación de la vía sin pavimentar (Sánchez, 2007).

El propósito de este trabajo es presentar la formulación y evaluación financiera para determinar el acabado del pavimento de la vía terciaria privada de acceso a la subestación eléctrica “El Muñís 500/230 kV” ubicada en el municipio de Soacha

Cundinamarca y evaluar tanto los costos de rehabilitación y mejoramiento de la carretera en afirmado o bien en pavimento asfáltico, como los costos de las acciones de mantenimiento rutinario y periódico requeridas para sendas opciones y, en consecuencia, seleccionar la alternativa más conveniente.

Para analizar los costos de rehabilitación y mejoramiento inherentes a los acabados en vías planteados, se tomará como fuente de consulta y referencia los manuales de diseño de pavimentos para vías de bajo volumen publicados por el Instituto Nacional de Vías - INVÍAS, con el fin de obtener los espesores y las obras de arte requeridos para la construcción de la carretera.

De otro lado, para el estudio de los costos asociados al capítulo del mantenimiento se tomarán como base los trabajos de rehabilitación de vías definidos por el Ministerio de Transporte en su publicación “Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria (pavimentada y en afirmado)”, cuyo objeto es proporcionar información conceptual, técnica y de procedimientos de ejecución de actividades específicas para el mantenimiento de carreteras pavimentadas y en afirmado.

Es así como a partir de dicho Manual se identifica el conjunto de actividades de mantenimiento que demanda cada tipo de acabado de la vía considerado y, adicionalmente, se evalúan los costos correspondientes a este apartado; dado que en las disposiciones de las autoridades colombianas del ramo no existen normas, directrices o lineamientos específicos para la tipología de carreteras terciarias privadas que atañen al presente estudio.

## **6.2 MARCO TEÓRICO**

La selección del tipo de acabado con el cual se hará la rehabilitación y mejoramiento de la carretera es la resultante de un estudio de ingeniería y un análisis desde la perspectiva financiera. Con el fin de lograr la optimización de los

recursos disponibles se debe hacer una comparación de alternativas de inversión, con la información suficiente que permita orientar la adecuada toma de decisiones.

Para esto deben llevarse a cabo actividades de: planeación, recopilación de información, diseño de los trabajos de rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento del pavimento seleccionado, de acuerdo con las necesidades técnicas y financieras de la carretera en estudio.

La primera actividad del diseño es la definición de los espesores de la estructura del pavimento a partir de la capacidad de carga de la subrasante, es decir, definir los espesores de las capas de material de base y de subbase para cada tipo de pavimento seleccionado.

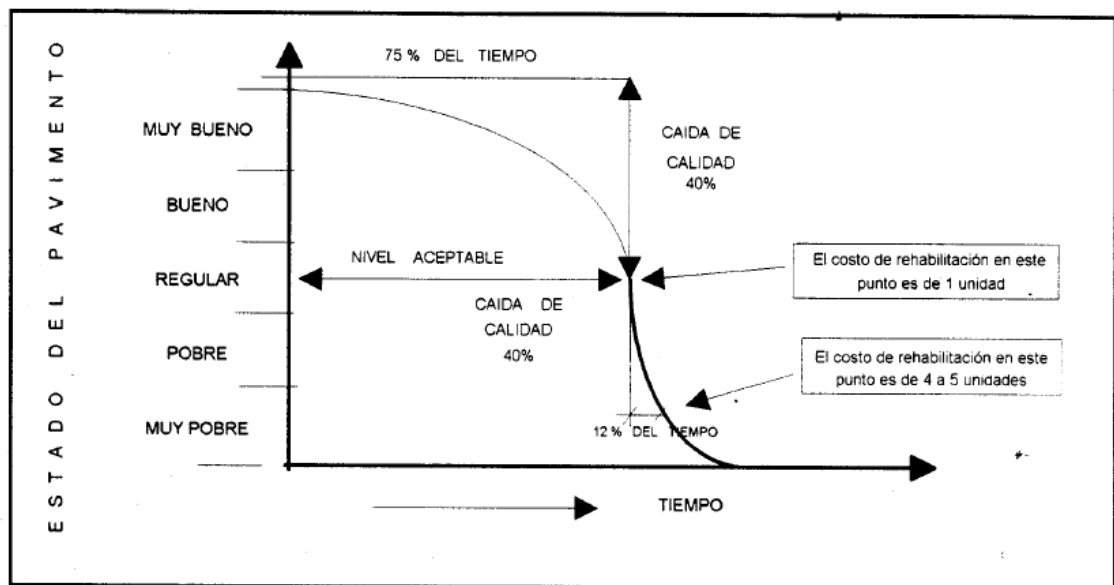
La segunda actividad del diseño consiste en realizar el levantamiento detallado de las condiciones físicas de la carretera existente y evaluar los problemas que se tengan en la calzada y las bermas, identificar problemas de drenaje y determinar las causas probables. Esta evaluación permitirá establecer el mantenimiento requerido.

Como parte del análisis deberá caracterizarse la situación actual de la carretera y los trabajos que se requieren, así como determinar si las condiciones del pavimento indican que se requiere más que un simple mantenimiento o que los problemas que se presentan pueden obedecer a sobrecargas o deterioro de las capas del pavimento existente. Los resultados de estos estudios arrojarán datos que pueden utilizarse en el diseño de las medidas correctivas apropiadas, teniendo en cuenta, de forma previsiva, los cambios que se requieran a futuro o acciones de mantenimiento.

Se debe elaborar una lista de prioridades de requerimientos de rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento. A partir de esta información se podrá elaborar un programa periódico de mantenimiento para la carretera que toma en consideración la cantidad de recursos disponibles, si se conserva el tipo de acabado actual.

Debe tenerse de presente que retrasar la aplicación del mantenimiento necesario siempre resulta en costos mayores cuando finalmente se realice el trabajo, ya que al postergar las acciones de mantenimiento esto se traduce en un aumento del costo, tal como se observa en la Figura 2 siguiente:

**Figura 2: Deterioro del pavimento respecto al tiempo**



**Fuente:** Obed, 2008

El paso final es llevar a cabo la evaluación financiera a partir de un análisis de alternativas en el cual se incluyen todos los costos del pavimento, desde su rehabilitación y mejoramiento hasta los costos de mantenimiento.

Los costos de rehabilitación y mejoramiento del pavimento deben incluir los egresos asociados a la operación de maquinaria y equipos, consumo de materiales, uso de herramientas, empleo de la mano de obra, gastos operacionales; recursos todos requeridos para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera conforme su acabado.

Las erogaciones por concepto de mantenimiento deben incluir lo pertinente al mantenimiento de rutina y al denominado mantenimiento mayor, de acuerdo con el

programa de mantenimiento periódico elaborado a partir de las recomendaciones señaladas en los manuales y de la evaluación realizada a las condiciones actuales de la carretera.

A partir del programa de mantenimiento que se elabore, se podrán escoger los tratamientos más efectivos y considerar el efecto de retrasar las acciones de rehabilitación o mantenimiento mayor.

La estructura del pavimento sufre una aceleración en su deterioro a medida que su rehabilitación y mantenimiento mayor son retrasados. El objetivo de la evaluación es definir un programa de mantenimientos según la alternativa seleccionada, que haga que la carretera se encuentre dentro de los criterios especificados de tal modo que minimizando los costos se obtengan los máximos beneficios.

La decisión de pavimentar una carretera depende de muchos factores (técnicos, políticos, económicos, sociales) que quedan recogidos en el análisis de ingeniería y la evaluación financiera; pero como se menciono anteriormente, se justifica pavimentar una vía en asfalto cuando los costos de construcción o rehabilitación y mantenimiento de la vía pavimentada, más los de operación de los vehículos que circulen sobre ella, resulten inferiores a los costos de mantenimiento y operación de la vía sin pavimentar.

La propuesta es encontrar para este tipo de carreteras privadas que sirven a un proyecto de infraestructura eléctrica como es la subestación eléctrica de alta tensión, el umbral de pavimentación que hace más beneficioso rehabilitar y mejorar la carretera con pavimento asfáltico como acabado final disminuyendo los costos de mantenimiento o conservar la propuesta inicial de rehabilitarla y mejorarla con un acabado en afirmado, conservando los costos previstos para su rehabilitación y mejoramiento y proyectando los costos asociados al mantenimiento de la misma durante la vida útil del proyecto.

La información del Análisis Sectorial permite identificar el papel fundamental que tiene el sector transporte en la integración nacional e internacional como sector transversal para el desarrollo del país, y como el sector minero energético se ha convertido en eje de desarrollo económico del país, tanto así que la construcción de este tipo de proyectos de intervención de carreteras existentes que permiten el desarrollo de proyectos de gran importancia para el sector eléctrico es fundamental para el logro de los objetivos de los Planes de Expansión promovidos por el Gobierno Nacional.

El estudio del aspecto Administrativo permitirá identificar las características principales de los diferentes tipos de contratación aplicables a la construcción y mantenimiento de este tipo de carreteras terciarias privadas y las responsabilidades de los entes ejecutores.

El estudio de los aspectos Legal y Ambiental permitirá identificar las actividades que de acuerdo con la reglamentación vigente, deberán implementarse durante la ejecución del proyecto, teniendo presente que la “Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura - Subsector Vial”, reglamentada por la Resolución 07106 del 02 de Diciembre de 2009, facilita la ejecución de este tipo de proyectos, disminuyendo las incertidumbres que se generan en la ejecución de obras viales.

Con respecto a la Evaluación Financiera, se determinará la asignación de recursos de inversiones y costos para determinar los presupuestos de las obras a realizar para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera en estudio, tanto para la opción de pavimento en asfalto como en afirmado, y de los servicios que se van a prestar con la ejecución de los mantenimientos requeridos.

Posteriormente se definirán las variables o criterios con los que se van a ajustar los presupuestos en el horizonte de evaluación del proyecto, para presentar el flujo de caja futuro a 10 años y 25 años, y con ello analizar los resultados de la evaluación financiera que permitan tomar la decisión que más convenga al momento de seleccionar el tipo de pavimento.



### **6.3 MARCO CONCEPTUAL**

Para el trabajo en estudio se definirán a continuación los conceptos técnicos más importantes relacionados con los trabajos de mejoramiento y rehabilitación de la carretera y los programas de mantenimiento rutinario y periódico, con el fin de tener una mejor comprensión de las variables analizadas y dar una correcta interpretación a los resultados de la evaluación financiera para la determinación del acabado del pavimento de la vía terciaria privada de acceso a la subestación “El Muñís 500/230 kV” ubicada en el municipio de Soacha - Cundinamarca.

**BASE:** La capa de base es la porción de la estructura de pavimento flexible inmediatamente debajo de la capa superficial. Se construye sobre la capa de subbase o si esta no se usa, directamente sobre la subrasante. Su principal función es como una porción estructural del pavimento. La base comúnmente consta de agregados como piedra triturada, escoria triturada o grava triturada o sin triturar y arena, o la combinación de estos materiales. Los agregados pueden usarse tratados o no tratados con aglomerantes estabilizadores como cemento Pórtland, asfalto o cal. En general, las especificaciones para materiales de la capa base son considerablemente más estrictas que las de los materiales de subbase en los requerimientos para resistencia, estabilidad, dureza, tipos de agregados y gradación.

**BERMA:** Parte de la estructura de la vía, destinada al soporte lateral de la calzada para el tránsito de peatones, semovientes y ocasionalmente al estacionamiento de vehículos y tránsito de vehículos de emergencia.

**CALZADA:** Zona de la vía destinada a la circulación de vehículos.

**CARPETA:** Además de su función principal como una parte estructural del pavimento, la carpeta se debe proyectar para resistir las fuerzas abrasivas de tráfico, limitar la cantidad de agua superficial que penetra en el pavimento, proveer una superficie resistente a deslizamiento, y proporcionar una superficie lisa y

uniforme para la transportación. La carpeta también debe ser durable, capaz de resistir fracturas y desmoronamientos sin llegar a ser inestable en las condiciones del tráfico y del clima.

Comúnmente construido sobre una capa de base, la carpeta de una estructura de pavimento flexible consta de una mezcla de agregados minerales y de materiales bituminosos. El éxito de tal capa depende sobre todo de la obtención de una mezcla con la óptima gradación de agregado y porcentaje de aglutinador bituminoso.

**CARRETEABLE:** Vía sin pavimentar destinada a la circulación de vehículos.

**CARRETERA:** Vía cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.

**CLASE DE VEHÍCULO:** Denominación dada a un automotor de conformidad con su destinación, configuración y especificaciones técnicas.

**CUNETAS:** Zanja o conducto construido al borde de una vía para recoger y evacuar las aguas superficiales.

**MANTENIMIENTO DE CARRETERAS:** Al igual que cualquier estructura las carreteras requieren mantenimiento. El deterioro es producido principalmente por el paso de vehículos aunque también se ven afectadas por las condiciones meteorológicas: lluvia, expansión térmica u oxidación.

El mantenimiento de una carretera consiste en prever y solucionar los problemas que se presentan, a causa de su uso, y así brindar al usuario el nivel de servicio para el que la carretera fue diseñada. La vida de un camino está en función de una adecuada respuesta al mantenimiento para prolongar su vida útil.

**MANTENIMIENTO RUTINARIO:** Se refiere a la conservación continua (a intervalos menores de un año) de las zonas laterales y a intervenciones de

emergencia de la banca, con el fin mantener las condiciones óptimas para la transitabilidad en la vía.

Puede incluirse dentro de las actividades de mantenimiento rutinario, la realización de trabajos de bacheo de la calzada, limpieza de bermas y de obras de drenaje, desmonte y limpieza de la zona de derecho de vía, empradización, pintura de postes de referencia, despeje de derrumbes de poco volumen

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** Obras programadas con intervalos variables de tiempo, destinadas a mantener las condiciones y especificaciones del nivel de servicio original, según el derecho de vía. Puede incluir nuevas obras de arte, de recubrimiento o ampliación de obras de drenaje.

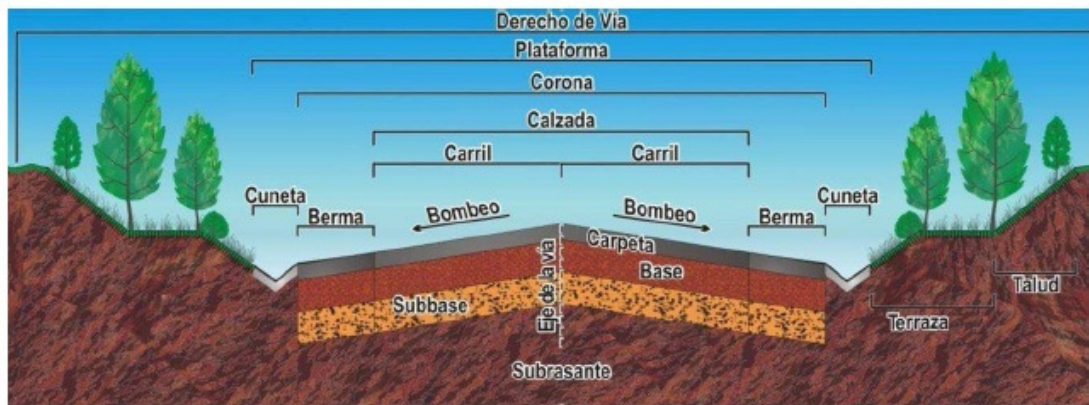
Las principales actividades cubiertas por estos contratos se refieren al refuerzo o renovación de la calzada, la construcción o reconstrucción de obras de drenaje y la provisión de dispositivos de señalización y control del tránsito automotor.

**MEJORAMIENTO:** Consiste básicamente en el cambio de especificaciones y dimensiones de la vía, para lo cual se hace necesario la construcción de obras en la infraestructura existente, que permitan una adecuación de la vía a los niveles de servicio requeridos por el tránsito actual y el proyectado, incluye construcciones de tercer carril siempre y cuando no implique la materialización de un segundo eje y se mantenga en el derecho de vía.

**PAVIMENTACIÓN:** Obras destinadas a la construcción de una estructura con superficie de rodamiento en pavimento y obras complementarias sobre una vía en afirmado; puede incluir o no la ampliación de la banca, dentro del derecho de vía.

**PAVIMENTO ASFÁLTICO:** Este pavimento está constituido por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase (Figura 3).

**Figura 3: Sección típica de un pavimento flexible**



**Fuente:** Ministerio de Transporte, 2008

**PAVIMENTO EN AFIRMADO:** Los pavimentos en afirmado son estructuras constituidas por una o más capas de material granular seleccionado colocado, extendido y compactado sobre una subrasante para resistir y distribuir cargas y esfuerzos ocasionados por el paso de los vehículos, y así mejorar las condiciones de comodidad y seguridad del tránsito.

**RED VIAL NACIONAL:** La Red Nacional de Carreteras, es la red vial de Colombia, regulada dentro de las funciones del Ministerio de Transporte (Por medio del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y sus direcciones territoriales, Decreto 1735 de agosto de 2001 y en ocasiones delegadas a empresas privadas por concesión.

El sistema está constituido por la Red Primaria (Grandes Troncales, a cargo de la Nación), Red Secundaria (A cargo de departamentos y municipios) y Red Terciaria (constituida por carreteras terciarias o caminos vecinales, que son aquellos de penetración que comunican una cabecera municipal o población con una o varias veredas, o aquella que une varias veredas entre sí).

**REHABILITACIÓN:** Obras destinadas a recuperar las condiciones y especificaciones del nivel de servicio original de una vía pavimentada dentro del

derecho de vía es, decir, que se cumplan las especificaciones técnicas con que fue diseñada. Puede incluir rectificación geométrica y manejo de zonas inestables.

**SUBBASE:** La capa de súbbase es la porción de la estructura de pavimento flexible entre la subrasante y la capa de base. La súbbase comúnmente consta de una capa compactada de material granular, ya sea tratada o no tratada, o una capa de suelo tratada con una mezcla conveniente. Además de su posición en el pavimento comúnmente se distingue del material de la capa de base por requerimientos menos estrictos de la especificación para resistencia, tipos de agregados y gradación.

La capa de súbbase se usa en general para aumentar económicamente la resistencia del pavimento arriba de la provista por los suelos de la subrasante, sin embargo, la súbbase puede omitirse, si la estructura requerida de pavimento es relativamente delgada o si los suelos de la subrasante son de alta calidad.

**SUBRASANTE:** Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

**TRÁFICO:** Volumen de vehículos, peatones, o productos que pasan por un punto específico durante un periodo determinado.

## **7. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

### **7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Corresponde a una investigación cuantitativa con la cual se espera obtener una respuesta del costo inherente de construcción y frente a lo que puede suceder en la etapa de operación de la carretera a partir del análisis, control y valoración económica de las variables en estudio (tipo de acabado final y trabajos de mantenimiento requeridos).

La investigación es de tipo descriptivo y parte del ordenamiento de los resultados obtenidos por entidades encargadas de la construcción y mantenimiento de carreteras, con los cuales se obtiene la fundamentación suficiente para realizar los análisis de costos de construcción y mantenimiento de la carretera en del proyecto referencia, para motivar, como ya se dijo, la selección de la alternativa de acabado en vía terciaria privada de circulación a subestaciones eléctricas, más conveniente desde el orden estrictamente financiero.

### **7.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño de la investigación es un procedimiento analítico que consiste básicamente en establecer la comparación de las variables sin manipulación de las mismas, estudiando cómo ha sido el funcionamiento de otras carreteras de similares características. El estudio pretende concluir cual es la alternativa de acabado para vías terciarias privadas de acceso a proyectos de centrales eléctricas (afirmado o pavimento) con la operación más costo eficiente y de menor inversión conforme los componentes de construcción y mantenimiento estimados durante el ciclo de funcionamiento esperado de la carretera.

Los datos e información crítica para el análisis de las variables se obtienen, en buena medida, de los documentos e informes técnicos sobre construcción,

operación y mantenimiento de vías publicados por el Instituto Nacional de Vías - INVIAS, los índices de construcción calculados y publicados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE y las bases de datos sobre precios emanados de empresas privadas con las cuales se elaboran los presupuestos para este tipo de proyectos. Empero, también se recauda información mediante el uso de técnicas como el consenso de expertos y entrevistas estructuradas a profesionales peritos en la materia.

Los resultados así obtenidos, alusivos a la vía terciaria privada del proyecto de referencia en este estudio, serán de carácter descriptivo y podrán ser generalizados para carreteras privadas de orden terciario que sirven de acceso a proyectos de subestaciones eléctricas.

### **7.3 METODO Y PASOS DE LA INVESTIGACIÓN**

El método que se seguirá para la realización de la investigación es el método inductivo, de esta manera se identificarán las actividades asociadas a la construcción y operación de la vía terciaria privada de acceso a la subestación eléctrica “El Muñís 500/230 kV” ubicada en el municipio de Soacha – Cundinamarca, para luego analizar para cada tipo de acabado (asfalto o afirmado) los mantenimientos requeridos y los costos asociados, que servirán para la formulación y evaluación financiera del proyecto.

Los pasos del proyecto de investigación son, entre otros, los siguientes:

- Definir las características técnicas de la carretera a intervenir (longitud, pendiente, ancho de banca, obras de drenaje, obras varias).
- Definir las características técnicas de cada uno de los tipos de acabado del pavimento incluidos en el estudio como son afirmado y asfalto. En esta etapa se definen los espesores de las capas que conforman la estructura de la vía.

- Identificar las acciones de mantenimiento requeridas tanto para carreteras con pavimento en afirmado como para carreteras en asfalto, a partir de recomendaciones dadas por empresas públicas y privadas del sector.
- Definir los costos de las actividades de rehabilitación y mejoramiento para la carretera en estudio para ambas opciones: pavimento en afirmado y pavimento en asfalto.
- Cuantificar los costos de mantenimiento esperados en el tiempo de operación del proyecto (25 años de concesión) con cada una de las opciones analizadas para el tipo de pavimento.
- Realizar la evaluación financiera considerando cada opción como un proyecto independiente (proyectos mutuamente excluyentes)
- Comparar los resultados obtenidos y obtener el umbral de pavimentación que hace más beneficioso realizar la rehabilitación y mejoramiento de la carretera con pavimento asfáltico como acabado final disminuyendo los costos de mantenimiento, o conservar la propuesta inicial de de realizar la rehabilitación y mejoramiento de la carretera con acabado en afirmado, conservando los costos previstos inicialmente y proyectando los costos asociados al mantenimiento de la misma durante la vida útil del proyecto.
- Interpretar los resultados en función de los conocimientos actuales, teniendo en cuenta las variables que pueden haber influido en el resultado.
- Obtener conclusiones y presentar recomendaciones, en función de los resultados obtenidos.



## **8. USUARIOS POTENCIALES Y SECTORES BENEFICIADOS**

Los resultados del presente trabajo pueden ser utilizados por empresas del sector público y privado que tengan a su cargo proyectos de infraestructura, y en particular de infraestructura eléctrica, que requieren construir, rehabilitar o mejorar carreteras privadas de orden terciario de bajo volumen de tránsito y para las cuales no se cuenta con recursos de financiación provenientes del sector público.

## **9. FORMULACIÓN DEL PROYECTO**

### **9.1 ANÁLISIS SECTORIAL**

La información presentada en el siguiente capítulo ha sido extractada del documento “2019 – Visión Colombia II Centenario. Generar una infraestructura adecuada para el desarrollo del Departamento Nacional de Planeación, 2006” y ha sido actualizada con información presentada por el Departamento Nacional de Planeación para los años 2010 y 2011.

Dado que la carretera en estudio tiene como objeto final permitir el acceso a una subestación eléctrica perteneciente al Sistema Eléctrico Nacional, el proyecto se analiza desde la perspectiva de desarrollo de la infraestructura del país, considerando los sectores energía y transporte como motores de desarrollo de la economía nacional.

La infraestructura, entendida como el conjunto de equipamientos empleados en los sectores de transporte, telecomunicaciones, y minas y energía, representa un soporte fundamental para el desarrollo económico, por ser motor de crecimiento de otros sectores y servir de base para el desarrollo de la actividad económica mediante la reducción en los costos de transporte e insumos.

“Colombia cuenta con dos características geográficas que ofrecen ventajas y generan desafíos a la hora de determinar el papel que el sector infraestructura debe desempeñar en el desarrollo económico y social del país. De una parte, el país tiene una ubicación privilegiada en relación con los más importantes flujos de tráfico de transporte alrededor del mundo, y con respecto al mercado más grande, el de Estados Unidos. Asimismo, el país goza de grandes ventajas por su posición equidistante entre Norte América y Suramérica. De otra parte, Colombia presenta una de las topografías más accidentadas del planeta, lo cual actúa como un obstáculo natural para la comunicación, el transporte y el intercambio, al dificultar

la construcción y mantenimiento de medios de transporte terrestre y de redes eléctricas y de telecomunicaciones. No obstante, esa misma topografía le permite contar con una gran cantidad de cuerpos de agua que favorecen el desarrollo del sector hidroeléctrico y se constituyen en mecanismos alternativos eficientes para la movilidad en el país. Además, si bien la geografía y las distancias de buena parte de la producción del interior encarecen las exportaciones, esos mismos factores actúan como una barrera natural de protección a la importación de numerosas mercancías hacia los mercados del interior.”<sup>1</sup>

Dadas estas características, contar con una buena infraestructura es clave para reducir los obstáculos que limitan el transporte, para incrementar la productividad y mejorar las condiciones para competir a escala regional y global.

“Las nuevas estrategias de desarrollo adoptadas a partir de los años noventa, han contribuido a revertir esta tendencia. Así lo confirman el mejoramiento de los puertos y la creciente reubicación de las industrias en áreas costeras. El futuro de la infraestructura del país, principalmente la de transporte, tiene en cuenta que la exportación de nuevos bienes de una alta relación de peso a valor; esto sólo será posible si las plantas se ubican cerca de las zonas costeras. En este sentido, la infraestructura es tanto causa como efecto de la estrategia de desarrollo. Tiene un impacto directo sobre el crecimiento, la eficiencia del sector productivo y el desarrollo social, no sólo por sus efectos en materia de conectividad y acceso de la población a los servicios, sino por su papel determinante en el desarrollo regional y local, y en la integración nacional e internacional”<sup>2</sup>.

Dentro de la perspectiva general del proyecto Visión Colombia 2019, el sector de infraestructura debe cumplir un papel fundamental para el logro de los objetivos propuestos, a partir de cinco principios básicos de acción:

---

<sup>1</sup> DNP. 2019 – Visión Colombia II Centenario. Bogotá; 2006.

<sup>2</sup> Ídem.

- Cobertura universal: se prestarán eficientemente los servicios de infraestructura, para que estén al alcance de toda la población y de los sectores productivos, y se desarrollarán esquemas alternativos para las regiones apartadas del país.
- Globalización: se deberán asegurar las condiciones necesarias para que la población y las empresas aprovechen las oportunidades provenientes de la creciente globalización de la economía.
- Eficiencia: es necesario desarrollar esquemas empresariales para suministrar servicios de infraestructura en condiciones óptimas, con el fin de obtener los mayores beneficios sociales y económicos.
- Participación privada: el sector privado deberá aumentar su participación activa en la prestación de los servicios de infraestructura en el país.
- Marco institucional adecuado: se requiere desarrollar un marco institucional y normativo integral para todos los sectores de infraestructura, que fomente la inversión, la competencia y la innovación en cada sector.

Consistente con estos principios, a continuación se destaca la orientación general de las metas propuestas:

- Transporte terrestre: las características topográficas, unida a las restricciones fiscales del país, no permiten pensar en el corto plazo en extender un sistema de carreteras de doble calzada que recorran el territorio colombiano en su totalidad. En estas condiciones, el país está llamado a recuperar sus ríos y ferrocarriles, y a desarrollar sistemas multimodales que integren diferentes medios de transporte y hagan más eficiente y menos costosa la conexión del territorio. Esto, a su vez, le permitirá al país una mejor incorporación al entorno regional y a la actividad económica global.

- Puertos y aeropuertos: Colombia debe aprovechar al máximo su ubicación privilegiada en relación con los flujos mundiales de tráfico aéreo y marítimo. En particular, se prevé para 2019 la consolidación de un centro de conexión (hub) aeroportuario en el territorio colombiano y el fortalecimiento de la infraestructura portuaria, para hacerla competitiva a nivel regional.
- Telecomunicaciones: para 2019, el sector debe estar en capacidad de acceder a las últimas tendencias tecnológicas, buscando continuamente la convergencia de redes, terminales y servicios, que permitan incrementar substancialmente la cobertura y la calidad. Para ello se hace indispensable desarrollar un marco institucional y normativo moderno, que incentive la innovación y reconozca la convergencia de redes, terminales y servicios.
- Sector minero-energético: en los próximos años, Colombia deberá posicionarse como un clúster energético en la región andina y centroamericana, maximizando sus potencialidades en relación con su posición geográfica y dotación de recursos energéticos. Asimismo, el país requiere redistribuir de manera más eficiente su canasta de consumo energético, con el fin de hacerla consistente con su dotación de recursos. Actualmente se consumen en mayor proporción aquellos energéticos costosos cuyo abastecimiento no está garantizado, como es el caso de los combustibles líquidos. En contraste, el consumo de gas y carbón, combustibles más económicos y en los que tenemos autosuficiencia en el largo plazo, es limitado. Las señales de precio equivocadas que se han dado hasta el momento no permiten corregir este tipo de desviaciones. Es necesario entonces orientar la regulación hacia el logro de una canasta de consumo más eficiente y consistente.

## **9.1.1 Composición del sector**

### **9.1.1.1 Sector Eléctrico**

El Ministerio de Minas y Energía es una entidad pública de carácter nacional del nivel superior ejecutivo central, cuya responsabilidad es la de administrar los recursos naturales no renovables del país asegurando su mejor y mayor utilización; la orientación en el uso y regulación de los mismos, garantizando su abastecimiento y velando por la protección de los recursos naturales del medio ambiente con el fin de garantizar su conservación, restauración y el desarrollo sostenible, de conformidad con los criterios de evaluación, seguimiento y manejo ambiental, señalados por la autoridad ambiental competente.

Entidades adscritas:

CREG - Comisión de Regulación de Energía y Gas

ANH - Agencia Nacional de Hidrocarburos

UPME - Unidad de Planeación Minero Energética

INGEOMINAS - Instituto Colombiano de Geología y Minería

IPSE - Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas

Entidades vinculadas:

ECOPETROL S.A

ISAGEN

GECELCA - Generadora y Comercializadora de Energía del Caribe

FEN - Financiera Energética Nacional

ECOGAS - Empresa Colombiana de Gas

ISA - Interconexión Eléctrica S.A.

URRA S.A.

### **9.1.1.2 Sector Transporte y Comunicaciones**

El Ministerio de Transporte, como lo establece el Decreto 087 de 2011, es el organismo del Gobierno Nacional encargado de formular y adoptar las políticas, planes, programas, proyectos y regulación económica del transporte, el tránsito y la infraestructura, en los modos carretero, marítimo, fluvial, férreo y aéreo del país.

El Ministerio de Transporte es la cabeza del Sector Transporte y está constituido por el Ministerio, el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), el Instituto Nacional de Concesiones (INCO), la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (AEROCIVIL) y la Superintendencia de Puertos y Transporte (SUPERTRANSPORTE).

### **9.1.2 Situación Histórica del Sector**

Históricamente, la provisión de servicios de infraestructura en Colombia ha enfrentado importantes limitaciones geográficas. Una de las características de Colombia es, precisamente, poseer una de las geografías más accidentadas del planeta. De acuerdo con el índice elaborado por el Centro de Estudios para el Desarrollo de la Universidad de Harvard, en una muestra de 155 países, Colombia tiene la tercera geografía más abrupta y accidentada. El país se distingue también por tener un patrón de localización de la población muy especial: cerca de la mitad del territorio se encuentra prácticamente despoblado, en tanto que en la parte más

densamente poblada, los índices de dispersión de la población son los más altos de la región latinoamericana.

Las características de la geografía y la dispersión de la población, además de otros rasgos del territorio – como la localización y el clima –, han tenido fuertes implicaciones en la provisión de bienes públicos y, en particular, de infraestructura. Comparado con países con menores dificultades geográficas, planos y pequeños, los problemas de administración, coordinación, comunicación y logística resultan inmensamente mayores.

Pese a lo anterior, durante el último siglo el país ha logrado importantes avances en infraestructura, contribuyendo así a transformar las condiciones de vida de los colombianos y su forma de relacionarse con el entorno.

“Estos avances se complementaron en la primera mitad del siglo XX con la llegada de la electricidad, el acueducto, el sistema de alcantarillado y el desarrollo de las telecomunicaciones y la aviación comercial. Muchos de estos proyectos comenzaron por iniciativa privada y pasaron posteriormente a manos del Estado, que entró a asumir de manera casi exclusiva la provisión de infraestructura en el país.

Esta tendencia en la provisión de infraestructura, común tanto en Colombia como en Latinoamérica, se mantuvo hasta finales de la década de los ochenta. A partir de los noventa, se observa un cambio de tendencia en relación con la participación del sector público. Dos factores principales incidieron en dicho cambio. En primer lugar, algunos países experimentaron crisis macroeconómicas cuyo impacto fiscal afectó de manera importante la inversión pública en infraestructura. Adicionalmente, los desarrollos tecnológicos, financieros y normativos le otorgaron al sector privado un mayor protagonismo en la provisión y

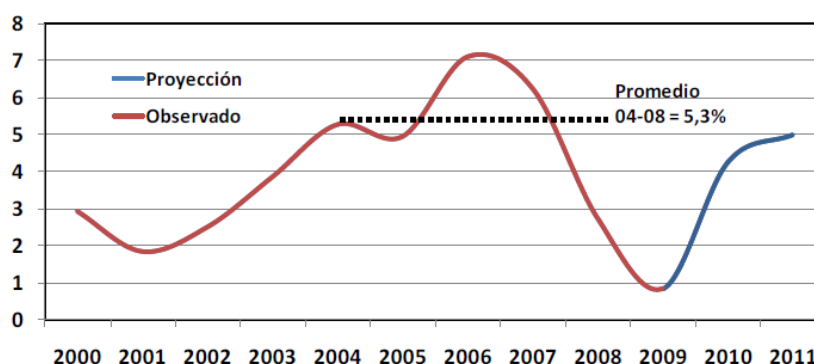


el financiamiento de la infraestructura, permitiendo que el sector público se especializara en el diseño de políticas y en la regulación<sup>3</sup>.

### 9.1.3 Situación Actual del Sector

Luego de la crisis económica internacional, la economía colombiana se empieza a recuperar, tendencia que se presenta en la Figura 4.

**Figura 4: Crecimiento actual del PIB**



**Fuente:** Departamento Nacional de Planeación, 2011

Entre 1980 y 1990, Colombia invirtió entre 2% y 3% del PIB en los sectores de infraestructura, utilizando principalmente recursos públicos<sup>4</sup>. Durante la década de los noventa, la creciente participación privada junto con el aumento de la inversión pública, permitieron que la inversión total llegara a 7% en 1997. A partir de ese año, se ha logrado mantener en niveles superiores a 4%, a pesar de la recesión económica de finales de la década<sup>5</sup>. Los sectores más dinámicos en 2010 fueron

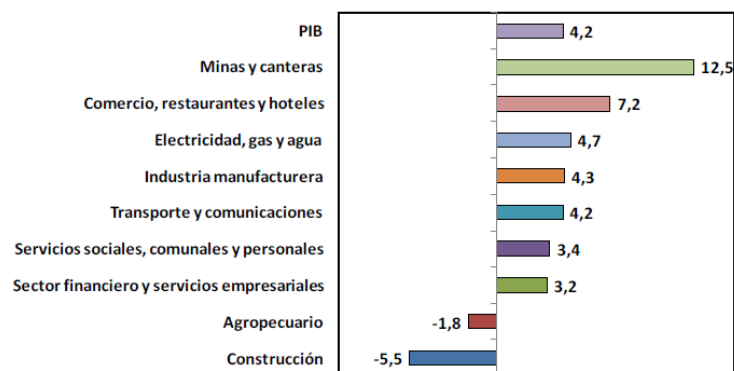
<sup>3</sup> Durante el periodo 1988-1998, la inversión pública en infraestructura realizada por los países latinoamericanos cayó en promedio de 3% a 1,6% del PIB. (Banco Mundial, Infraestructura en América Latina y el Caribe: Tendencias recientes y retos principales; 2005).

<sup>4</sup> En el cálculo de la inversión en infraestructura en Colombia, se incluyó la inversión en los sectores de energía, telecomunicaciones, agua potable y saneamiento básico, e hidrocarburos y minería.

<sup>5</sup> En la última década, la inversión en infraestructura en Colombia se ha dirigido principalmente a los sectores minero, petrolero y de energía eléctrica.

minas y energía y comercio. Además de éstos, en 2011 se espera alto crecimiento en: construcción, industria y servicios, ver Figura 5.

**Figura 5: Proyecciones de crecimiento del PIB (%) – Oferta, 2010**



Fuente: DANE, DNP-DEE

**Fuente:** Departamento Nacional de Planeación, 2011

“Si se excluyen las inversiones realizadas en los sectores de hidrocarburos y minería, Colombia ha sido, junto con Chile, uno de los pocos países de la región que ha logrado mantener niveles de inversión en infraestructura superiores al 2% del PIB”<sup>6</sup>.

La evolución de la inversión en infraestructura ha estado determinada, entre otras razones, por cambios estructurales en los esquemas de prestación del servicio en los diferentes sectores. En el sector transporte, la década de los noventa se caracterizó por el fuerte impulso que se dio a la política de concesiones en la construcción, rehabilitación y mantenimiento de vías. En telecomunicaciones, se pasó de un esquema monopólico en telefonía local y larga distancia a uno mixto en competencia, al tiempo que se abrieron nuevos mercados como el de telefonía móvil y el de valor agregado. Adicionalmente, se fomentó la participación privada en las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de

<sup>6</sup> Banco Mundial; Recent Economic Developments in Infrastructure (REDI). Colombia; 2004

energía eléctrica y en la exploración y producción del sector de hidrocarburos y minería.

#### 9.1.4 Perspectivas del Sector

La Dirección de Infraestructura y Energía Sostenible (DIES) apoya la labor del Departamento Nacional de Planeación (DNP) adelantando las acciones requeridas para el desarrollo de los sectores de vías y transporte, telecomunicaciones, minas e hidrocarburos y energía, en coordinación con los organismos y entidades pertinentes.

En estos sectores, el Departamento Nacional de Planeación orienta, participa y promueve la formulación, seguimiento, control y evaluación a la ejecución de políticas, planes, programas, estudios y proyectos de inversión, conjuntamente con los organismos y entidades relacionadas.

Pensando en el bienestar de los colombianos, la dependencia propende por el desarrollo de políticas generales y la planeación de estrategias tendientes una adecuada y eficiente prestación de los servicios públicos.

Para el cumplimiento de sus funciones, esta Dirección se apoya en las Subdirecciones de Transporte —ST—, Minas y Energía —SME— y Telecomunicaciones —ST0—, y cuenta con el Grupo Asesor en Proyectos de Infraestructura, tal como se presenta en la Figura 6:

**Figura 6: Estructura de la Dirección - DIES**



**Fuente:** Departamento Nacional de Planeación, 2011

La Figura 7 muestra la sinopsis del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 como estrategia presentada por el Departamento Nacional de Planeación en enero de 2011<sup>7</sup>, para que 2011-2014 sea un período de oportunidades, crecimiento e innovación.

**Figura 7: Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014**



**Fuente:** Departamento Nacional de Planeación, 2011

Dentro de las estrategias del Plan de Desarrollo 2010-2014, se destacan algunas de las acciones relacionadas con el desarrollo del sector transporte y sector eléctrico del país.

- **Convergencia y desarrollo regional:**

- *Impulsar y consolidar clústers, corredores y áreas de desarrollo territorial.*

- **Competitividad e innovación:**

- *Participación privada (APP para infraestructura económica y social).*

<sup>7</sup> DNP. 2010-2014: UN CUATRIENIO DE OPORTUNIDADES, CRECIMIENTO E INNOVACIÓN. Bogotá; 2011

- **Locomotoras de crecimiento y generación de empleo:**

- *Infraestructura: 2.000 km de dobles calzadas operativos; 4.000 km en el programa de rehabilitación y mantenimiento; 50.000 km de red terciaria intervenida: (i) crear la ANI, (ii) ejecutar el Plan Maestro de Transporte, (iii) desmonte de la tabla de fletes.*
- *Sector minero-energético: producción de hidrocarburos de 1.4 MMBPE; producción de carbón de 124 millones de toneladas:(i) Aumentar cobertura de energía en las zonas no conectadas, (ii) expandir la capacidad de transporte en los ductos, (iii) política para la consolidación del sector de gas natural, (iv) formalización del sector de la minería.*

En concordancia con las perspectivas del sector, en el año 2007, el Gobierno de Colombia y el sector privado se unieron para desarrollar una política nacional de competitividad a largo plazo. El objetivo de esta política era articular una agenda de colaboración entre el sector público y el sector privado y construir las instituciones encargadas de darle continuidad y garantizar la ejecución de las iniciativas que se derivaran del ejercicio. Como resultado, se definió una visión para convertir a Colombia en un país de ingresos medios en 2032; se facilitó la creación del Sistema Nacional de Competitividad (SNC); se creó el Consejo Privado de Competitividad (CNC); y se reestructuró el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MCIT).

La Visión Colombia 2032 determinó tres estrategias esenciales para aumentar la competitividad del país: 1) Desarrollar sectores de clase mundial; 2) Aumentar la productividad y el empleo y 3) Formalizar la fuerza laboral. Estas estrategias estarían soportadas por esfuerzos en ciencia, tecnología e innovación y por la eliminación de barreras para la competencia y el crecimiento de la inversión.

El resumen ejecutivo del Plan de Negocios Sector de Energía Eléctrica, Bienes y Servicios Conexos elaborado para llevar a cabo estas estrategias concluye que Colombia tiene la oportunidad de capturar una porción del mercado de Energía Eléctrica, Bienes y Servicios Conexos de América Latina y Estados Unidos y generar al menos US\$ 18.5 Mil Millones<sup>8</sup> en ventas en 2032, multiplicando el sector en 2.2 veces y creando al menos 15 mil nuevos empleos, pasando de 35 a 50 mil personas empleadas de manera formal en el sector:

- El subsector de energía eléctrica tiene el potencial de generar ingresos de al menos US\$ 12.9 Mil Millones<sup>9</sup> en 2032, con un crecimiento de 1.8 veces, manteniendo los 20 mil empleos existentes.
- El subsector de bienes conexos tiene la oportunidad de crecer 2.8 veces en los próximos 23 años y facturar al menos US\$ 3.7 Mil Millones<sup>10</sup> en 2032, creando, al menos, 3 mil nuevos empleos.
- El subsector de servicios conexos puede crear al menos 12 mil nuevos empleos en los próximos 23 años, multiplicando sus ingresos en, al menos, 6.3 veces (US\$ 1.9 Mil Millones en 2032<sup>11</sup>).

Éste escenario de crecimiento corresponde a la suma de:

- La evolución del consumo interno del bien energía eléctrica necesario para sustentar el crecimiento previsto de la economía colombiana hasta el 2032, el cual, crea demanda por bienes y servicios conexos para operar los activos

---

<sup>8</sup> Dólares constantes en 2007

<sup>9</sup> Idem

<sup>10</sup> Idem

<sup>11</sup> Idem

eléctricos y ampliar la capacidad instalada en generación, transmisión y distribución.

- El crecimiento en el peso de los ingresos en el exterior a través de un incremento en la inversión extranjera directa de salida y las exportaciones sobre el total de bienes y servicios del sector hasta alcanzar niveles de países líderes.

Se estima que el consumo interno de energía eléctrica se incrementará en 1.9 veces en los próximos 25 años, pasando de 43 TWh a 81 TWh, lo que requerirá un crecimiento en la capacidad instalada del sistema de 13 GW a 25 GW, como se observa en la Figura 8.

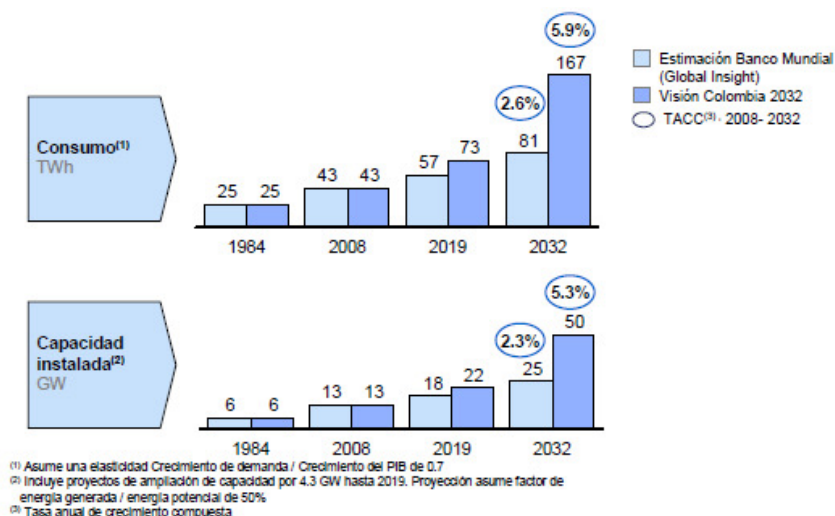
- Incrementa los ingresos generados por exportación de energía eléctrica por inversiones en el exterior de US\$ 1.0 Mil Millones a US\$2.5 Mil Millones entre 2007 y 2032<sup>12</sup>.
- Logra capturar en el 2032 una participación de mercado similar a la que actualmente tienen países de Talla Regional, como Brasil, sobre el mercado global de bienes conexos, permitiendo incrementar las exportaciones de US\$ 0.3 Mil Millones en 2007 a US\$ 1.9 Mil Millones<sup>13</sup> en 2032.

---

<sup>12</sup> Dólares constantes en 2007

<sup>13</sup> Ídem

**Figura 8: Proyección del crecimiento del consumo interno de energía eléctrica**



**Fuente:** Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2009

- Genera ingresos por exportación de servicios conexos que crecen alrededor de 15 veces, pasando de US\$ 50 Millones a US\$ 1.5 Mil Millones<sup>14</sup>, apalancándose en el crecimiento de las inversiones colombianas en América Latina.
- Para alcanzar esta aspiración de crecimiento, Colombia debe comprometerse con un programa sectorial de largo plazo que le permita desarrollar nuevas habilidades y eliminar barreras que actualmente comprometen la competitividad del sector.
- Lograr la transformación sectorial no sólo implica implantar una serie de iniciativas que se han identificado, sino, en especial, regirse por el proceso de seguimiento a la implantación que ha sido diseñado y que permitirá garantizar las metas planteadas.

<sup>14</sup> Dólares constantes en 2007



Para lograr estas metas, se debe contar con infraestructura logística que permita acceder a los mercados de acuerdo con costos y tiempos de clientes internacionales, para lo cual el subsector deberá apoyar al gobierno en la definición de los proyectos de infraestructura crítica, dentro de los cuales se debe promover el desarrollo de obras de infraestructura vial que garanticen el acceso a los sitios de generación y subestaciones de transmisión.

### **9.1.5 Conclusión General del Análisis del Sector**

La localización geográfica del país, la distribución de sus asentamientos poblacionales y económicos y las complejidades en sus fronteras hacen que el sector transporte tenga un papel fundamental en la integración nacional e internacional, al facilitar la vinculación de actividades productivas, comerciales y sociales en ambas dimensiones. Su papel crucial como sector transversal para el desarrollo del país implica que su consolidación sea un objetivo primordial de la política gubernamental.

En general, los avances en el sector transporte han representado importantes aportes a la competitividad de la producción nacional, en cuanto a la reducción de costos y a una mayor integración de los territorios aislados. No obstante, como pilar de la evolución económica del país y teniendo en cuenta los retos que imponen la creciente globalización y las dinámicas poblacionales, el país necesita avances más exigentes en infraestructura, prestación del servicio y modernización de la institucionalidad del sector.

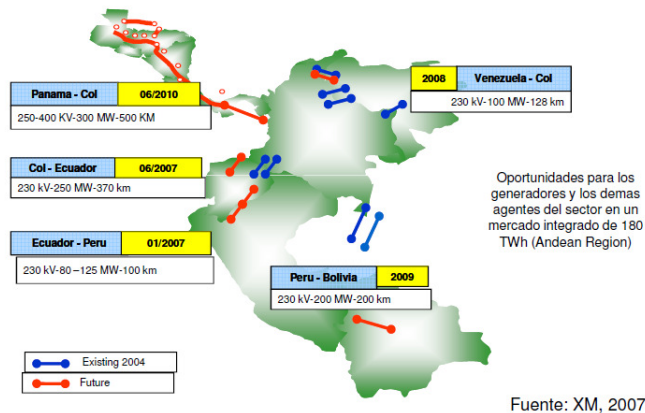
A lo largo de la última década, el sector minero energético se ha convertido en eje del desarrollo económico del país. Las exportaciones de petróleo y sus derivados, de carbón, níquel y otros minerales y, desde el año 2005, de energía eléctrica, ubicaron a este sector como líder en exportaciones, desplazando sectores tan importantes como el agrícola y el de exportaciones no tradicionales industriales.

En la Figura 9 se presentan las oportunidades de negocio en las exportaciones de energía eléctrica para el mercado integrado de la región Andina.

Esta dinámica del sector se ha reflejado en el Producto Interno Bruto del País, pues entre el 2002 y el 2008 el PIB del sector petrolero se duplicó, pasando de \$ 8,1 miles de millones (3,5% del PIB país) a \$23,3 miles de millones en el 2008 (4,9% del PIB total). Para el sector minero, en el 2002 se presentaban niveles de \$3,5 miles de millones (1,5% del PIB país), y en el año 2008 este valor ascendió a \$12,7 miles de millones (1,6% del PIB país)<sup>15</sup>.

El inicio de operaciones del esquema de Transacciones Internacionales de Electricidad (TIE) en energía eléctrica sumado a las distintas señales de mercado que ha dado el Gobierno Nacional en los últimos años, buscan que Colombia no sea un sistema aislado, sino que se convierta en un clúster energético en la región andina y centroamericana, con intercambios de productos energéticos entre los distintos países, con las proyecciones presentadas en la Figura 9.

**Figura 9: Oportunidades para los generadores y demás agentes del sector eléctrico colombiano**



Fuente: Analdex, 2011

<sup>15</sup> Analdex. Sector minero y petrolero en Colombia. Bogotá, 2010

La construcción de este tipo de proyectos de intervención de carreteras existentes que permiten el desarrollo de proyectos de gran importancia para el sector eléctrico es fundamental para el logro de los objetivos de los Planes de Expansión promovidos por el Gobierno Nacional. Desde este punto de vista radica la importancia de analizar la mejor alternativa que permita disminuir los costos constructivos y operativos de los proyectos y de cumplir con los objetivos para los cuales ha sido planteada la carretera de referencia en este estudio.

## **9.2 ANÁLISIS TÉCNICO**

Este análisis contempla los aspectos técnicos operativos necesarios para la intervención de la carretera en estudio. Su objetivo es seleccionar la alternativa técnica que mejor se adapte a los criterios de optimización financiera.

El análisis técnico permite obtener una valorización económica de las variables técnicas del proyecto para tener una apreciación exacta o aproximada de los recursos necesarios para la ejecución del proyecto, además de proporcionar información de utilidad para la evaluación financiera.

En particular, los parámetros del estudio técnico para el presente proyecto son los siguientes:

- Enunciar las características de la zona de influencia donde se ubicará el proyecto.
- Definir las características técnicas de la vía con cada uno de los tipos de acabado del pavimento incluidos en el estudio como son afirmado y asfalto.
- Enunciar la estructura legal aplicable al proyecto.
- Definir los aspectos administrativos para la ejecución del proyecto.

- Especificar el presupuesto de inversión, dentro del cual queden comprendidos los recursos materiales, humanos y financieros necesarios para su rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento, a partir de las actividades definidas.
- Presentar la valoración de las actividades de rehabilitación y mejoramiento de la vía en el tiempo inicial y de las actividades relacionadas con el mantenimiento rutinario y periódico durante el horizonte de evaluación del proyecto.

### **9.2.1 Localización**

Dado que el proyecto en estudio consiste en llevar a cabo las acciones de rehabilitación y mejoramiento en una carretera privada ya existente, el estudio de localización no incluirá el análisis de los factores de localización, ya que la ruta ha sido definida y corresponde a un corredor vial que se encuentra actualmente en operación.

Sin embargo para tener conocimiento del área de influencia y de algunos factores importantes para la operación de la carretera, se presentará en este capítulo la información pertinente a la macrolocalización y microlocalización de la carretera en estudio.

#### **9.2.1.1 Macrolocalización**

El área de influencia indirecta de la carretera en estudio se ubica en el Departamento de Cundinamarca en los límites de los municipios de Madrid, San Antonio del Tequendama, Soacha, Tena, La Mesa, Sibaté y el Sur de Bogotá.

La figura 10 presenta la zona de influencia indirecta del proyecto. La señal indica la localización del Embalse del Muña, cercano al sitio donde inicia la carretera a intervenir.

**Figura 10: Zona de influencia indirecta del Proyecto**



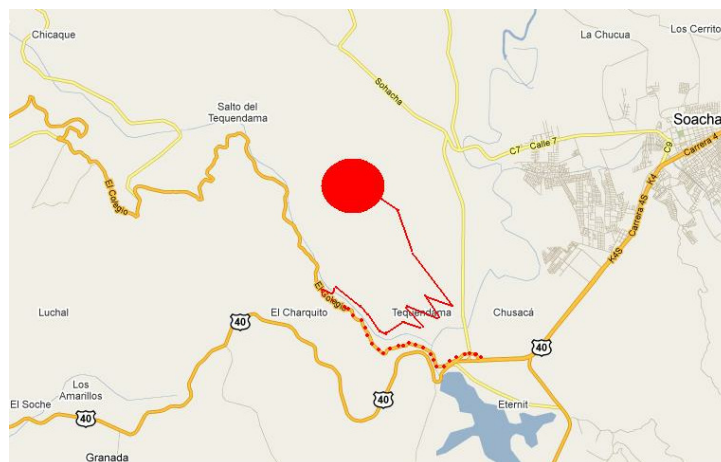
**Fuente:** Google, 2011

### 9.2.1.2 Microlocalización

La figura 11 presenta el trazado de la carretera a intervenir. La vía existente es utilizada para acceder al predio donde será construida la subestación eléctrica de alta tensión, según fue seleccionado por la empresa dueña del proyecto; el predio se demarca en la figura con el círculo rojo.

Debido a que es una vía privada, las obras a desarrollar serán definidas según las necesidades de la empresa propietaria del proyecto atendiendo los requerimientos para acceder a la subestación eléctrica y garantizar el acceso continuo y seguro a la misma, para labores de operación y mantenimiento.

**Figura 11: Trazado de la carretera de acceso a la subestación eléctrica**



**Fuente:** Elaboración propia

## 9.2.2 Ingeniería del Proyecto

El proyecto consiste en la realización de los trabajos de rehabilitación y mejoramiento de la carretera privada terciaria existente que servirá de acceso a la subestación eléctrica “El Muñís 500/230 kV” y la realización de las actividades de mantenimiento rutinario y periódicos requeridos para garantizar la adecuada operación de la carretera.

El alcance de la Ingeniería del Proyecto incluye las siguientes actividades:

- Definir las características técnicas de cada tipo de pavimento seleccionado como alternativa para el acabado final de la carretera.
- Definir las características de la carretera a intervenir (longitud, pendiente, ancho de banca, obras de drenaje, estructura de la vía, obras de protección).
- Identificar las actividades del proceso de construcción, para ambas opciones.

- Determinar los requerimientos en maquinaria, insumos y mano de obra requeridos para la construcción del proyecto.
- Identificar las acciones de mantenimiento requeridas en la carretera durante la etapa de operación de la subestación eléctrica, tanto para el pavimento en afirmado como para el pavimento en asfalto.
- Determinar los requerimientos en maquinaria, insumos y mano de obra requeridos para el mantenimiento de la carretera.

#### **9.2.2.1 Características Técnicas de los Tipos de Pavimento**

A continuación se presenta una descripción técnica de los diferentes tipos de pavimentos considerados como alternativas de acabado para la carretera en estudio.

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados, adecuadamente compactados y que se apoyan sobre la subrasante. El pavimento debe resistir los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le imponen durante el período para el cual se diseña, así como soportar las deformaciones máximas admisibles por los materiales que lo conforman.

Los pavimentos se clasifican en pavimentos flexibles (asfalto), rígidos (concreto) y en afirmado, y de acuerdo con su funcionamiento bajo las cargas de tránsito, se diseñan para bajos, medios y altos volúmenes de tránsito. Para el caso en estudio, se analizarán las características de los pavimentos flexibles (asfalto) y de los pavimentos en afirmado para bajos volúmenes de tráfico.

### 9.2.2.1.1 Pavimento Asfáltico

Este pavimento está constituido por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase tal como se presenta en la Figura 2. Debido a la alta flexibilidad de la carpeta bituminosa (capacidad de gran deformación sin rotura bajo la acción de una carga), el peso del vehículo que transita sobre la superficie es prácticamente una carga concentrada, cuyo efecto se disminuye a través del espesor de las capas subyacentes, hasta llegar distribuido y atenuado a la subrasante.

Las funciones de las diferentes capas en un pavimento asfáltico son:

- La subbase granular debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores, transmitidos a un nivel adecuado a la subrasante. En muchos casos la subbase debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar. La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y también actúa como filtro de la base, impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen y menoscaben su calidad. Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones o contracciones) o a cambios extremos de temperatura pueden absorberse con la capa subbase e impedir que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.
- La función básica de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito, en una intensidad apropiada. Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene a la subbase respecto a la base.



- La carpeta asfáltica busca proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito. Hasta donde sea posible, impedir el paso del agua al interior del pavimento. Su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.

#### **9.2.2.2 Pavimento en Afirmado**

Los pavimentos en afirmado son estructuras constituidas por una o más capas de material granular seleccionado colocado, extendido y compactado sobre una subrasante para resistir y distribuir cargas y esfuerzos ocasionados por el paso de los vehículos, y así mejorar las condiciones de comodidad y seguridad del tránsito.

El esquema de este tipo de pavimentos es similar al presentado en la Figura 9, sin considerar la carpeta.

Las funciones de las capas granulares en un pavimento en afirmado son:

- Suministrar una superficie poco deformable y cómoda para el desplazamiento vehicular.
- Servir como capa de transición para disminuir las deformaciones a nivel de la subrasante.
- Suministrar un apoyo uniforme, estable y adecuadamente densificado para distribuir los esfuerzos debidos a las cargas vehiculares repetidas.
- Mitigar los cambios volumétricos de la subrasante y disminuir al mínimo su acción superficial.
- Mejorar en parte la capacidad de soporte del suelo de la subrasante.

### 9.2.2.3 Descripción Técnica de la Carretera

La vía en estudio corresponde a una carretera terciaria privada existente de longitud 5 km que parte desde inmediaciones del Río Bogotá en el sector conocido como El Charquito hasta el predio seleccionado por la Empresa dueña del Proyecto para construir la subestación eléctrica de alta tensión. La carretera en estudio se presenta en la Figura 11.

La sección de banca de la vía actual es de 3,50 metros de ancho con una pendiente longitudinal promedio de 10% y no cuenta con ningún tipo de obra de drenaje como cunetas, rondas de coronación, sumideros o canales de descole, que permitan un adecuado drenaje de la misma. El acabado de la vía es en material granular afectado altamente por la acción erosiva del agua. Lateralmente no cuenta con ningún tipo de muros de contención, a pesar de que en algunos sitios se han identificado problemas de estabilidad geotécnica.

Las fotografías presentadas en la Ilustración 1, muestran el estado actual de la carretera existente.

**Ilustración 1: Secuencia fotográfica del estado actual de la carretera en estudio**





Los trabajos de mejoramiento de la carretera consisten en realizar la ampliación de la sección de la vía a 4,50 metros de ancho y construir los sobreebanchos en aquellos sitios en los cuales se identifiquen puntos de conflicto para el paso de camabajas o camiones pesados. Se realizará un corte superficial o perfilado de la rasante existente con el fin de retirar material suelto y contaminado por lodos en la superficie de la vía actual. Sobre esta superficie se realizarán los ensayos de CBR para determinar los valores de capacidad de carga de la subrasante a partir de los cuales se diseñará el espesor definitivo de la estructura de la vía (afirmado, base y subbase granular para el caso de pavimento en afirmado o carpeta, base y subbase granular para el caso de pavimento en asfalto).

Los trabajos de rehabilitación de la carretera a intervenir consisten en la construcción de un muro de contención en el sector que actualmente presenta inestabilidad geológica y dar tratamiento a otros puntos inestables en los cuales se deben mejorar las condiciones de servicio de la vía.

#### **9.2.2.4 Deterioro de Pavimentos**

Los deterioros de pavimentos que se incluyen en el “Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria” se han agrupado en dos categorías: Deterioros de superficie y deterioros de la estructura.

Es importante tener conocimiento de los diferentes tipos de fallas, ya que a partir de estas definiciones se elaboran los presupuestos para la etapa de operación de la carretera.

#### 9.2.2.4.1 Deterioro de pavimentos flexibles

Los daños en los pavimentos flexibles se deben a múltiples causas, entre las cuales se encuentran las debidas a la mala calidad de las mezclas asfálticas o a los materiales usados en la producción de las mismas, por lo que se exige un mayor control de calidad que se debe aplicar desde el diseño y construcción de la estructura.

Los deterioros de este tipo de estructura pueden clasificarse como deterioros de la superficie y deterioros de la estructura.

En la Tabla 1 se presentan los tipos de daños encontrados en la superficie de un pavimento flexible, su descripción y el código asignado a cada tipo de daño.

**Tabla 1: Tipos de daños de la superficie de un pavimento asfáltico**<sup>16</sup>

Tipos de daño en Superficie de Pavimento Asfáltico	Descripción
Desprendimientos	Pérdida de agregados en tratamientos superficiales (PA)
	Descascaramiento: Pérdida de capa de rodadura (peladuras) (DS)
	Ojo de pescado o bache superficial (OP)
Aislamientos	Exudación de asfalto (sangrado) (EX)
	Pulimento (agregados) (PU)
Exposición de agregados	Cabeza dura (pérdida de película ligante) (CD)

---

<sup>16</sup> Fuente: INVIAS. Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria (pavimentada y en afirmado); Bogotá 2007

En la Tabla 2 se presentan los tipos de daños más comunes en la estructura de un pavimento flexible, su descripción y el código asignado a cada tipo de daño.

**Tabla 2: Tipos de deterioros de la estructura de un pavimento flexible** <sup>17</sup>

<b>Tipos de deterioro en Estructura de Pavimento Asfáltico</b>	<b>Descripción</b>
Deformaciones	Baches profundos (BP)
	Ondulaciones (ON)
Agrietamientos	Grieta longitudinal (GL)
	Grieta transversal (GT)
	Falla en bloque (GT)
	Piel de cocodrilo (GT)

#### **9.2.2.4.2 Deterioro de pavimentos en afirmado**

Si los daños que se presentan en este tipo de pavimento afectan considerablemente la funcionalidad, la comodidad y la seguridad de los usuarios que transitan por la vía, es necesario determinar las labores de mantenimiento que garanticen la movilidad en estos tramos.

Los deterioros de este tipo de estructura pueden clasificarse de acuerdo con su ubicación en la misma como deterioros de la superficie y deterioros de la estructura.

En la Tabla 3 se presentan los tipos de daños más comunes en la superficie pavimentos en afirmado, su descripción y el código asignado para cada uno de los daños.

---

<sup>17</sup> Fuente: INVIAS. Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria (pavimentada y en afirmado); Bogotá 2007

**Tabla 3: Tipos de daños de la superficie de un pavimento en afirmado<sup>18</sup>**

<b>Tipos de daño en Superficie de Pavimento en Afirmado</b>	<b>Descripción</b>
Deformaciones	Corrugaciones (CO)
	Ahuellamiento (AH)
Desprendimientos	Pérdida de agregados (PAG)

En la Tabla 4 se presentan los tipos de daños más comunes en la superficie pavimentos en afirmado, su descripción y el código asignado para cada uno de los daños.

**Tabla 4: Tipos de deterioros de la estructura de un pavimento en afirmado<sup>19</sup>**

<b>Tipos de deterioro en Estructura de Pavimento en Afirmado</b>	<b>Descripción</b>
Deformaciones	Sección transversal inadecuada (STI)
	Baches (BA)

### **9.2.2.5 Actividades Requeridas para la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Existente**

Los trabajos de rehabilitación y mejoramiento de la carretera existente se definen en la etapa de diseño, con la realización de los ensayos de CBR sobre la subrasante a partir de los cuales se obtienen los espesores definitivos de la estructura de la vía y con los planos del levantamiento topográfico de la franja de vía, con los cuales se traza el corredor definitivo de la carretera con la ampliación de la sección de banca a 4,50 m.

Inicialmente se realizan los trabajos de explanación hasta el nivel de subrasante, de acuerdo con el procedimiento definido en el Artículo 210-07 de las

<sup>18</sup> Fuente: INVIAS. Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria (pavimentada y en afirmado); Bogotá 2007

<sup>19</sup> Ídem

Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías.

Con la superficie preparada y recibida se da inicio a la conformación de la subbase granular y la base granular de acuerdo con las disposiciones definidas en el Artículo 300-07 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías y realizando los ensayos de densidad y compactación requeridos en este tipo de trabajos.

De acuerdo con los resultados del estudio hidrológico e hidráulico de la zona de influencia directa, se procederá con la construcción de las obras de drenaje diseñadas para garantizar el manejo adecuado de aguas lluvias y la estabilidad de la calzada. Estas obras de drenaje corresponden a cunetas, sumideros, tuberías de concreto bajo la vía, estructuras de disipación de energía y canales de descole para entrega de los caudales aferentes en los sitios seleccionados.

En los puntos donde se requiera, se realizarán los trabajos de desmonte y limpieza sobre el talud de la vía existente atendiendo las disposiciones del Artículo 200-07 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías.

En los sitios donde se han detectado inestabilidades del terreno, se procederá a remover el material suelto que ha caído a la vía y se construirá el muro de contención según las secciones que resulten del diseño definitivo. En otros sectores se construirán obras de estabilización con tratamientos del talud, donde este se encuentre afectado.

Los trabajos de rehabilitación y mantenimiento de la carretera en estudio consisten básicamente en:

- Ampliación de calzada

- Rectificación (alineamiento horizontal y vertical)
- Construcción de obras de drenaje y sub-drenaje
- Reconstrucción de estructura del pavimento (afirmado y capa de rodadura)
- Estabilización de afirmados
- Obras de estabilización de taludes
- Señalización vertical
- Construcción de afirmado
- Pavimento en asfalto (para la opción que así lo considera)

Los costos asociados a las actividades de rehabilitación y mejoramiento de la carretera se presentan en el numeral 9.2.5.2.

#### **9.2.2.6 Actividades de Mantenimiento de la Carretera**

Las actividades y acciones de mantenimiento que se llevan a cabo en una vía tienen como objetivo principal preservar en buen estado los elementos que la componen, controlar los daños y, en lo posible, conservar las condiciones iniciales de mejoramiento o rehabilitación.

Para mantener en buenas condiciones de funcionamiento la red vial, es necesario realizar una serie de actividades tendientes a preservar el buen estado de las vías. No todos los elementos de la vía requieren ser reparados al mismo tiempo, algunos de ellos sufren mayores deterioros debido al flujo vehicular, la pluviosidad, los movimientos de masas, etc. Por lo tanto, algunos deben ser intervenidos con



mayor frecuencia. Debido a lo anterior es necesario clasificar las actividades de conservación de acuerdo con la periodicidad con que se realizan de la siguiente manera:

#### **9.2.2.6.1 Actividades de mantenimiento rutinario**

Son las actividades que deben realizarse constantemente y con alta frecuencia en vías en afirmado o pavimentadas; están destinadas a proteger las condiciones iniciales de construcción y a mantener las condiciones óptimas de transitabilidad. Se deben efectuar una o más veces al año de acuerdo con cada caso particular de la vía. Se incluyen en estas, las intervenciones de emergencia en la banca (derrumbes y obstrucciones al paso).

Para definir la periodicidad en la realización de estos mantenimientos debe considerarse además el tráfico que circula por la vía, las condiciones climáticas del sitio y las condiciones de servicio en que se encuentra la carretera. El Instituto Nacional de Vías, recomienda en su “Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria”, realizar estas actividades de mantenimiento, por lo menos, cada dos meses, siempre que mediante el diagnóstico del estado del pavimento se compruebe que hay deterioro y así lo requieran.

Tomando como variables principales: El TPD (tránsito promedio diario) con un volumen bajo menor de 10 vehículos/día y la pluviosidad en la zona que varía entre 800 y 1000 mm/año y teniendo en cuenta el concepto de expertos en este tipo de contratos de mantenimiento en vías terciarias, se recomienda que las acciones de mantenimiento rutinario que son comunes a ambos tipos de pavimento se realicen cada tres (3) meses.

Las demás actividades de mantenimiento rutinario definidas para los pavimentos en afirmado se recomienda sean realizadas cada tres (3) meses. Para las medidas de mantenimiento rutinarias para pavimentos en asfalto se recomienda se realicen

por lo menos una vez al año, evitando el daño de la estructura del pavimento en asfalto.

En la Tabla 5 se relacionan los daños más comunes en vías según se describen en el “Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria (pavimentada y en afirmado)” y en las “Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras” del INVIAS, con su respectiva acción de mantenimiento rutinario y tiempo de ejecución; a partir de estos datos se elaboran los presupuestos para la etapa de operación de la carretera asociados al mantenimiento rutinario de cada tipo de pavimento.

**Tabla 5: Actividades de mantenimiento rutinario en pavimentos en asfalto y afirmado<sup>20</sup>**

<b>Tipo de pavimento al cual aplica</b>	<b>Medida de mantenimiento / Artículo según Especificaciones INVIAS<sup>21</sup></b>	<b>Periodicidad del mantenimiento</b>
Asfalto Afirmado	Rocería (PR-01 / 801-07)	Cada tres (3) meses
Asfalto Afirmado	Limpieza de bermas (DR-01 / 801-07)	Cada tres (3) meses
Asfalto Afirmado	Limpieza a mano de cunetas en concreto (DR – 03 / 801-07)	Cada tres (3) meses
Asfalto Afirmado	Limpieza a mano de descoles (DR-04 / 801-07)	Cada tres (3) meses
Asfalto Afirmado	Limpieza a mano de alcantarillas (DR-06 / 801-07)	Cada tres (3) meses
Asfalto Afirmado	Remoción de derrumbes (211-07)	Cada tres (3) meses
Asfalto	Sello de fisuras y grietas en pavimento flexible (PR-03 / 466-07)	Cada doce (12) meses
Asfalto	Parcheo en superficie de rodadura asfáltica (PR-05 / 465-07 y 440-07)	Cada doce (12) meses

<sup>20</sup> Fuente: La Autora

<sup>21</sup> Fuente: INVIAS. Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria (pavimentada y en afirmado); Bogotá 2007

Tipo de pavimento al cual aplica	Medida de mantenimiento / Artículo según Especificaciones INVIAS <sup>21</sup>	Periodicidad del mantenimiento
Asfalto	Bacheo en superficies de rodadura asfáltica (PR-06 / 465-07 y 440-07, 330-07, 320-07 )	Cada doce (12) meses
Afirmado	Reperfilado de carreteras no pavimentadas (PR-16 / 310-07)	Cada tres (3) meses
Afirmado	Bacheo de superficie de pavimento en afirmado (PR-17 / 311-07)	Cada tres (3) meses

Los costos por kilómetro/año de las actividades de mantenimiento rutinario de la carretera, requeridas durante la etapa de operación del proyecto se presentan para cada tipo de pavimento en el numeral 9.2.5.2.

#### **9.2.2.6.2 Actividades de mantenimiento periódicas**

Se definen como las actividades que se realizan con una frecuencia menor a las del mantenimiento rutinario para vías en afirmado y pavimentadas. Comprende la ejecución de actividades destinadas principalmente a recuperar los deterioros de la capa de rodadura ocasionados por el tránsito y por los fenómenos climáticos; también contempla la construcción de obras de drenaje menores y de protección faltantes en la vía.

Las acciones de mantenimiento periódico tienen el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, de preservar las características superficiales, de conservar la integridad estructural de la vía y de corregir algunos defectos puntuales mayores. Las principales actividades cubiertas por estos contratos se refieren al refuerzo o renovación de la calzada, la construcción o reconstrucción de obras de drenaje y la provisión de dispositivos de señalización y control del tránsito automotor.

Tomando como variables principales: El TPD (tránsito promedio diario) con un volumen bajo menor de 10 vehículos/día y la pluviosidad en la zona que varía entre 800 y 1000 mm/año y teniendo en cuenta el concepto de expertos en este

tipo de contratos de mantenimiento en vías terciarias, se recomienda que las acciones de mantenimiento periódico definidas para pavimentos en afirmado se realicen en promedio cada doce (12) meses y las medidas de mantenimiento periódico para pavimentos en asfalto se realicen en promedio cada cuatro (4) años, considerando los primeros tres años luego de la de la construcción de la carpeta asfáltica como período de garantía de estabilidad de las obras que debe quedar cubierto mediante pólizas de seguro emitidas por entidad competente (autorizada y vigilada por la Superintendencia Financiera de Colombia)

En la Tabla 6 se relacionan los daños más comunes en vías según se describen en el “Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria (pavimentada y en afirmado)” y en las “Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras” del INVIAS, con su respectiva acción de mantenimiento periódico y tiempo de ejecución; a partir de estos datos se elaboran los presupuestos para la etapa de operación de la carretera asociados al mantenimiento periódico de cada tipo de pavimento.

**Tabla 6: Actividades de mantenimiento periódico en pavimentos en asfalto y afirmado<sup>22</sup>**

Tipo de pavimento al cual aplica	Medida de mantenimiento / Artículo según Especificaciones INVIAS <sup>23</sup>	Periodicidad del mantenimiento
Asfalto	Riego en negro (PP-2.1 / 420-07)	Cada 4 años
Asfalto	Tratamiento superficial simple (PP-2.2 / 430-07)	Cada 4 años
Asfalto	Renivelación con sobrecarpeta con mezcla asfáltica en caliente (PP-03 / 450-07)	Cada 4 años
Afirmado	Reposición del material de afirmado (PP-09 / 330-07 y 311-07)	Cada 1 año

<sup>22</sup> Fuente: La Autora

<sup>23</sup> Fuente: INVIAS. Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria (pavimentada y en afirmado); Bogotá 2007

Los costos por kilómetro/año de las actividades de mantenimiento periódico de la carretera, requeridas durante la etapa de operación del proyecto se presentan para cada tipo de pavimento en el numeral 9.2.5.2.

#### **9.2.2.7 Inversiones en Maquinaria y Equipo para Rehabilitación y Mejoramiento y para Mantenimiento de la Carretera**

Tanto los trabajos de rehabilitación y mejoramiento como el mantenimiento de la carretera, serán subcontratados con empresas especializadas en este tipo de actividades.

Para ejecutar los trabajos de rehabilitación y mejoramiento de la carretera se prevé la contratación, por el sistema de precios unitarios fijos sin fórmula de reajuste, con una firma especializada en construcción de vías, que se encargará del suministro de maquinaria y equipo pesado, mientras que el mantenimiento de la carretera será confiado (subcontratado) a personas jurídicas que suministren cuadrillas con personal del sector para que se encarguen de mantener limpios los taludes, recoger derrumbes menores y limpiar las cunetas y obras de drenaje.

Los costos del alquiler de maquinaria especializada para este tipo de trabajos y los demás asociados con los trabajos de rehabilitación y mejoramiento y el mantenimiento de la de la vía están incluidos en los Análisis de Precios Unitarios que fueron tomados como base para la realización de los presupuestos de construcción y mantenimiento presentados en el numeral 9.2.5.2.

#### **9.2.2.8 Descripción de Insumos para Construcción y para Mantenimiento de la Carretera**

Conforme los diseños presentados para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera existente, los insumos requeridos están incluidos en los Análisis de Precios Unitarios que fueron tomados como base para la realización de los presupuestos de construcción y mantenimiento presentados en el numeral 9.2.5.2.

Los insumos para los trabajos de rehabilitación y mejoramiento y para el mantenimiento de la carretera son básicamente:

- Material de afirmado para construcción de vías: base y subbase.
- Material para mezclas de concreto: Grava y arena.
- Cemento
- Agua
- Formaletas
- Gaviones para muros de contención
- Tuberías de drenaje
- Geotextiles
- Asfalto e imprimante

### **9.2.3 Aspectos Legales y Ambientales**

El proyecto de mejoramiento y rehabilitación de la carretera de acceso a la subestación eléctrica “El Muñís 500/230 kV”, se analiza bajo el marco jurídico definido por la Constitución Política de 1991.

Se presentan los requisitos para la obtención de los permisos ambientales y el cumplimiento de los requisitos legales para su ejecución, teniendo en cuenta que el proyecto consiste en llevar a cabo las obras requeridas para el mejoramiento y rehabilitación de la carretera en estudio y la realización de actividades de mantenimiento rutinario y periódico posteriores.

### **9.2.3.1 Licenciamiento Ambiental**

La legislación ambiental en Colombia comienza su verdadero desarrollo a partir de la Convención de Estocolmo en 1972, cuyos principios se acogieron en el Código de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente (Decreto Ley 2811 de 1974). Desde el punto de vista de las normas tendientes a la protección del derecho colectivo y el medio ambiente, se puede afirmar que la legislación ambiental en Colombia surge con la Constitución Política de 1991 (Capítulo III “De los derechos colectivos y del Ambiente”, los cuales establecen el marco general a partir del cual toda la política ambiental Colombiana debe desarrollarse).

La Licencia Ambiental es la autorización que se otorga por parte de la Autoridad Ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad que lleva implícito el uso y/o aprovechamiento de los recursos naturales renovables, que pueda producir un deterioro grave a estos o al medio ambiente. El respectivo Estudio de Impacto Ambiental (EIA) indicará que tipo de permisos requiere el proyecto, obra o actividad (de emisiones de aire, de tratamiento y disposición de aguas, de ruido, etc.).

De conformidad con el artículo 7º del Decreto 1220 de 2005, están sujetos a Licencia Ambiental los proyectos, obras y actividades que se enumeran en los artículos 8º y 9º del mismo Decreto 1220.

La Tabla 7 presenta la lista de proyectos, obras o actividades relacionados con el sector eléctrico y de la red vial nacional que requieren Licencia Ambiental del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Artículo 8º del Decreto 1220 de 2005, modificado por el artículo 1º del Decreto 500 de 2006).

**Tabla 7: Proyectos, obras o actividades relacionados con el sector eléctrico y de la red vial nacional que requieren Licencia Ambiental**

Sector eléctrico:	a) La construcción y operación de centrales generadoras de energía eléctrica con capacidad instalada igual o superior a 100 MW.
	b) Los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminantes.
	c) El tendido de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes módulos de conexión (subestaciones) que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a 220 kV.
Proyectos de la red vial nacional referidos a:	a) La construcción de carreteras.
	b) Construcción de segundas calzadas.
	c) Construcción de túneles con sus accesos.

La Tabla 8 presenta la lista de proyectos, obras o actividades que requieren Licencia Ambiental de las Corporaciones Autónomas Regionales relevantes (Artículo 9º del Decreto 1220 de 2005).

**Tabla 8: Proyectos, obras o actividades relacionados con el sector eléctrico y de la red vial nacional que requieren Licencia Ambiental**

Sector eléctrico:	a) La construcción y operación de centrales generadoras con una capacidad mayor o igual a 10 MW y menor de 100 MW.
	b) El tendido de líneas del sistema de transmisión conformado por el conjunto de líneas con sus equipos asociados, que operan a tensiones menores de 220 kV y que no pertenecen a un sistema de distribución local.
Proyectos de la red vial secundaria y terciaria:	a) La construcción de carreteras.
	b) La construcción de nuevas calzadas.
	c) La construcción de túneles con sus accesos.



### **9.2.3.2 Guías Ambientales**

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, autoridad ambiental Colombiana, ha desarrollado, para cada actividad o sector que pudiera tener algún impacto ambiental, guías técnicamente elaboradas, destinadas a hacer de la actividad correspondiente, una actividad ambientalmente amigable. En tales guías se indican los procedimientos respectivos, relacionados con la gestión ambiental aplicable, los límites permisibles, las autoridades nacionales, departamentales o locales que están involucradas en el otorgamiento de las licencias respectivas, su control y sanción.

La “Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura” – Subsector Vial, elaborada por el Instituto Nacional de Vías y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial fue adoptada mediante Resolución 07106 del 02 de Diciembre del 2009.

En esta Guía se indica que: “...como los proyectos, obras y actividades que no requieren licencia ambiental, no se encuentran listados en norma alguna, se debe interpretar que todos los que no se encuentren específicamente señalados en la ley y su reglamento sobre licencias, (hoy en día la Ley 99 de 1993, el Decreto 1220 de 2005 y el Decreto 500 del 2006) ó aquellos que lo modifiquen, no requieren de licencia ambiental y por tanto se les aplica la guía. Planteada así la situación, se tiene entonces que los proyectos de mejoramiento, rehabilitación, pavimentación y mantenimiento de vías; construcción, rehabilitación y mantenimiento de puentes o pontones, si bien es cierto no están sujetos a licenciamiento ambiental, también lo es que previamente a su inicio y ejecución DEBEN GESTIONAR Y OBTENER los permisos, concesiones y autorizaciones ambientales y mineras (aprovechamiento forestal, concesión de aguas, permiso de vertimientos líquidos, manejo de residuos sólidos, aprovechamiento de fuentes de materiales, instalación y operación de campamentos, entre otros), ante las autoridades competentes (Corporaciones Autónomas Regionales, Autoridad

Ambiental de ciudades de más de un millón de habitantes conocidas como Grandes Centros Urbanos, Establecimientos Públicos Ambientales y Autoridad de Minas), que como se verá en mayor o menor medida tienen su insumo en los alcances técnicos de la guía, y el soporte jurídico en los formatos únicos nacionales obligatorios expedidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, así como en la aplicación normativa para cada recurso natural que se intervenga.”<sup>24</sup>

De acuerdo con lo indicado anteriormente, por ser la carretera en estudio un proyecto de rehabilitación y mejoramiento y de mantenimiento de vías NO se requiere la obtención de Licencia Ambiental pero si se requiere gestionar y obtener los permisos de vertimientos líquidos, manejo de residuos sólidos, aprovechamiento de fuentes de materiales y operación de campamentos, entre otros, según se indica en esta Guía de Manejo Ambiental.

Como se expresó inicialmente la puesta en marcha de la Guía Ambiental, no exime al interesado de la obtención previa de los permisos, concesiones y/o autorizaciones ambientales que se requieran para el uso y/o aprovechamiento de los recursos naturales renovables.

### **9.2.3.3 Programas de Manejo Ambiental**

De acuerdo con la “Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura – Subsector Vial”, es obligación, previo al inicio de las actividades constructivas, que los contratistas de obra cuenten con el PAGA - Programa de Adaptación de la Guía Ambiental, el cual debe contener los permisos, autorizaciones y/o concesiones por uso e intervención de recursos naturales, en cumplimiento de las normas vigentes. El PAGA debe ser aprobado por la Interventoría y avalado por la

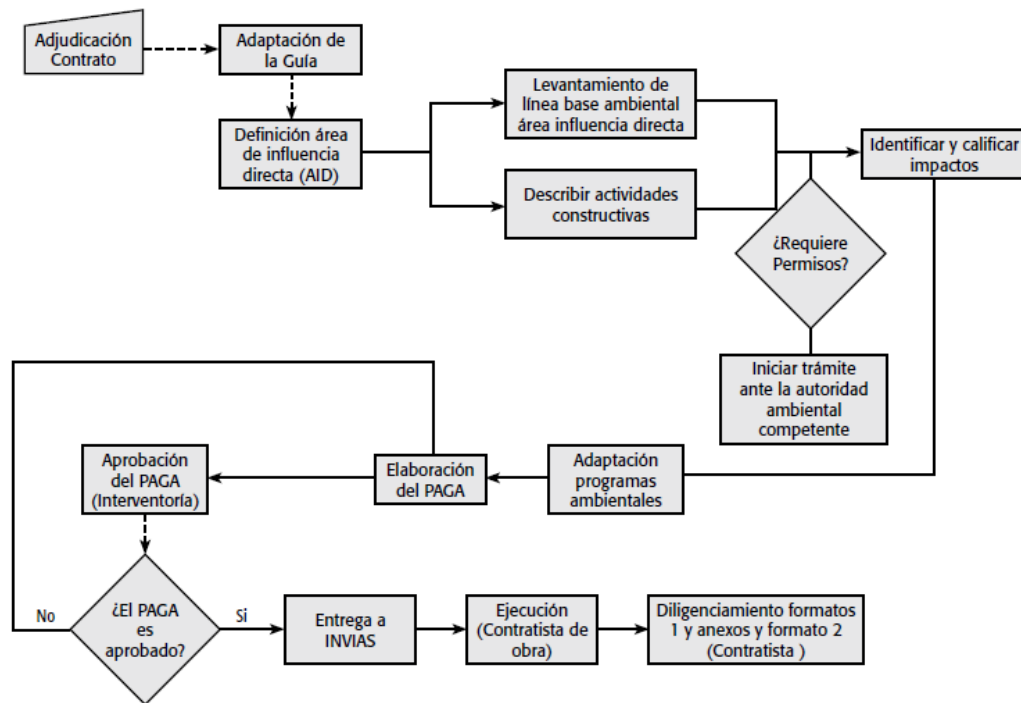
---

<sup>24</sup> INVIAS. Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura” – Subsector vial. Bogotá, 2007

Subdirección del Medio Ambiente y Gestión Social de INVIAS, de acuerdo con lo establecido en los pliegos de licitación de obra, términos de referencia y Manual de Interventoría. Es responsabilidad del interventor la verificación de la información contenida en el PAGA, como requisito para aprobarlo; el alcance y contenido deben ser acordes con las especificaciones de la obra a desarrollar, las condiciones propias del área de influencia y las medidas de prevención, mitigación o compensación que se establezcan deben corresponder a los impactos identificados y a la naturaleza de las obras, estableciendo la relación causa-efecto.

La Figura 12 ilustra el proceso a seguir para la elaboración del Proceso de Adaptación de la Guía Ambiental.

**Figura 12: Mapa de procesos para la elaboración del PAGA**



Fuente: INVIAS, 2007

La información detallada para la elaboración del Proceso de Adaptación de la Guía Ambiental y los programas de Manejo Ambiental, se presentan con detalle en el texto de la referencia.

Como actividad prioritaria, el contratista de obra debe definir los permisos ambientales por uso e intervención de recursos naturales requeridos para el desarrollo de las obras, de acuerdo con lo establecido en el capítulo jurídico de la Guía; una vez identificados, debe inmediatamente iniciar los trámites ante la autoridad ambiental competente, presentando los soportes técnicos y jurídicos establecidos en los formularios únicos nacionales que se presentan como anexo a la Guía y los encuentra disponibles de las páginas web de las Autoridades Ambientales. Para adelantar la gestión de permisos, el contratista dispone de los tiempos establecidos en el pliego de condiciones y la demora en la obtención por causas imputables a una deficiente gestión, serán consideradas para declarar un posible incumplimiento.

Los documentos mencionados harán parte del Archivo del Proyecto, y serán requeridos para el cierre del mismo.

#### **9.2.3.4 Conclusiones del estudio de los Aspectos Legales y Ambientales**

Según se define en la “Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura - Subsector Vial”, no se requiere licencia ambiental para la ejecución del proyecto de mejoramiento y rehabilitación de la carretera, lo cual facilita el desarrollo de este tipo de proyectos y disminuye las incertidumbres que se generan en la ejecución de obras viales. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que existen una serie de requisitos legales que se reglamentan en la Guía y a los cuales se debe dar estricto cumplimiento en aras a la protección del medio ambiente.

## **9.2.4 Aspectos Administrativos**

### **9.2.4.1 Contratación**

Tal como se indica en el numeral 9.2.1.2, el proyecto de mejoramiento y rehabilitación de la carretera en estudio se realiza sobre una vía privada existente que requiere ser adecuada para acceder de manera confiable y segura a la subestación eléctrica de alta tensión “El Muñís 500/230 kV”, para lo cual se han definido las obras requeridas según las necesidades de la empresa propietaria del proyecto, que permiten garantizar las labores de operación y mantenimiento de la subestación.

Es así como las obras de mejoramiento y rehabilitación de la carretera han sido consideradas dentro del presupuesto para el diseño, suministro y montaje de la subestación eléctrica 500/230 kV.

Sin embargo por la especialidad de cada tipo de obra, las obras relacionadas con la intervención de la carretera serán contratadas luego de un proceso licitatorio en el cual podrán participar empresas que cuenten con la experiencia debida y estén inscritos como proveedores de servicios de la empresa dueña del proyecto.

Las obras serán contratadas a precios unitarios, definidos por la empresa dueña del proyecto. Para esto, los Términos de Referencia elaborados para el proceso de contratación deberán indicar, como mínimo:

- 1) Objeto de la contratación.
- 2) Participantes y Experiencia requerida en contratos similares.
- 3) Plazo para la ejecución del contrato.
- 4) Alcance del contrato.

- 5) Objetivos específicos.
- 6) Presupuesto oficial.
- 7) Forma de pago.
- 8) Localización y descripción del proyecto.
- 9) Especificaciones técnicas.
- 10) La empresa dueña de la subestación eléctrica tendrá en cuenta los siguientes aspectos: Variación de cantidades de obra; Variación de precios; Modificación de estudios, diseños y especificaciones técnicas; Insuficiente suministro de materiales; Calidad de los materiales; Falta de idoneidad de la mano de obra; Equipo utilizado; Proceso constructivo; Programa de trabajo; Daños causados por terceros o deterioro en obras ejecutadas y aún no recibidas; Incumplimiento de obligaciones laborales; Financiero; Cambios normativos o de legislación tributaria; Condiciones climáticas adversas; Accidentes de trabajo. El Proponente deberá presentar en su oferta un programa detallado para la ejecución de las obras, en el que incluya la atención a estos aspectos y/o las acciones a tomar en cuenta en caso de contingencias relacionadas.
- 11) Garantías del Contrato: A efectos de asegurar el cumplimiento de las obligaciones contractuales del contratista, una vez adjudicado el contrato deberá presentar las siguientes Garantías: Buen manejo y correcta inversión del anticipo; Cumplimiento; Pago de salarios y prestaciones sociales, e indemnizaciones; Estabilidad de las obras; Responsabilidad civil extracontractual.
- 12) Formulario de cantidades de obra.

13) Programa de trabajo.

14) Organización para los trabajos.

15) Maquinaria y equipos.

De manera similar se llevará a cabo un proceso de licitación para la adjudicación de las labores de mantenimiento con cooperativas o empresas asociativas dedicadas a este tipo de obras.

Las actividades de mantenimiento rutinario no revisten ninguna complejidad técnica por lo que pueden ser fácilmente ejecutadas con mano de obra no calificada de pobladores oriundos de la zona, por lo cual se promovería la contratación preferencial de microempresas para la realización de estas actividades. La microempresa de mantenimiento es concebida como la instancia técnica responsable de realizar permanente y adecuadamente las labores de mantenimiento rutinario de los caminos. Las microempresas de mantenimiento son promovidas dentro de las propias poblaciones que habitan en las inmediaciones de las vías que serán sometidas al mantenimiento rutinario; en tal sentido, cumplen la función de articular la participación comunal en el cuidado y mantenimiento de las vías.

A mediados de 1984 y tomando como base las directrices del Gobierno de ese entonces, consignadas en el Plan Nacional de Desarrollo "Cambio con Equidad" y en los documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social titulado "Plan Nacional de Desarrollo de la Microempresa", el Ministerio de Obras Públicas y Transporte decidió desarrollar con Microempresas Asociativas un proyecto para el mantenimiento y la conservación de las carreteras nacionales, con el auspicio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD- y la Organización Internacional de Trabajo-OIT-.

Los principales objetivos que se propusieron con la creación de este programa fueron:

- a) Técnico: Atender en forma adecuada, oportuna y con un mayor grado de calidad y rendimiento, las tareas de mantenimiento rutinario.
- b) Económico: Reducir los costos del mantenimiento rutinario.
- c) Social: Contribuir a la generación de empleo mediante la creación de nuevos puestos de trabajo asociado.
- d) Político: Vincular a las gentes de distintas zonas a la actividad vial.

El programa adaptado para esta carretera, se basa en la metodología establecida por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte al inicio del proyecto de Microempresas Asociativas, en la que fijó para la contratación con estas, un valor por kilómetro/año, precio que incluye el costo de la realización de todas y cada una de las labores de mantenimiento rutinario y periódico que requiere el sector de la carretera contratada y el costo de las herramientas requeridas para llevar a cabo dicha labor. La vigencia de los contratos será de 12 meses.

Los contratos que se celebren con las Microempresas Asociativas, tendrán como objeto la realización de las tareas de mantenimiento y conservación rutinaria y periódica de un sector de carretera determinado, como mínimo dos (2) veces al año, aunque para el caso en estudio, se han definido las periodicidades de los mantenimientos rutinarios y periódicos dependiendo del tipo de acabado del pavimento. El cumplimiento del contrato, se establece por la realización de las actividades establecidas en un programa de trabajo preparado antes de la iniciación del contrato entre la Empresa dueña del proyecto y el Representante Legal de la Microempresa.



El valor del contrato era el resultado de multiplicar el costo por kilómetro, por la longitud del sector en que vaya a realizar el mantenimiento rutinario y periódico. Los presupuestos se para cada tipo de pavimento se presentan en el numeral 9.2.5.2.

#### **9.2.4.2 Interventoría del Proyecto**

La Interventoría del Proyecto, cuya tarea principal es velar por el cumplimiento de los contratos bajo los mejores estándares de calidad y cumplimiento de plazos, será realizada y financiada con recursos propios del presupuesto de funcionamiento de la empresa dueña del proyecto; en consecuencia, los costos inherentes a la misma no se incorporan en el análisis de alternativas pues se vuelven irrelevantes al tornarse invariables por cualquiera sea la alternativa que se acometa.

#### **9.2.4.3 Conclusiones del estudio Administrativo**

Del estudio Administrativo se concluye que la ejecución de las actividades de rehabilitación y mantenimiento y los mantenimientos rutinarios y periódicos requeridos en el tiempo que se mantenga en operación la carretera, pueden llevarse a cabo sin ningún contratiempo, con la implementación de las actividades indicadas como son la elaboración de los Pliegos para cada contratación y la firma de los contratos que permitan a la empresa dueña del Proyecto mantener y operar la carretera en servicio, mientras esté operando la subestación eléctrica de alta tensión.

### **9.2.5 Inversiones, Costos y Financiación**

#### **9.2.5.1 Inversiones y Financiación**

Es bien sabido que la rehabilitación y mejoramiento de vías exige inversiones en rubros y partidas de todas las categorías de activo, verbi gracia, en activos fijos

como maquinaria y equipo especializado; en gastos preoperativos como estudios y diseños, pólizas de seguros, entre otros; y capital de trabajo operativo (Inventarios más cartera menos proveedores) para respaldar el normal desarrollo de las obras. No obstante, la empresa concesionaria de la subestación eléctrica tiene previsto, como parte de su política interna, financiar con capital propio las obras requeridas para la construcción y mantenimiento de la carretera, acciones que convencionalmente son ejecutadas mediante subcontratación con firmas constructoras que se seleccionan a través de procesos públicos y transparentes de licitación y convocatoria abierta, como también acontece para la escogencia de los responsables de las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo necesarias a futuro.

Por ende, se aclara que no se especifican inversiones fijas con cargo al proyecto, puesto que quedan con cargo en terceros.

#### **9.2.5.2 Costos y Presupuestos**

Los presupuestos para las actividades de rehabilitación y mejoramiento se elaboran con base en los diseños de las obras requeridas para que la carretera opere en buenas condiciones de tránsito y permita el acceso seguro de maquinaria, equipos y materiales necesarios en la construcción de la subestación eléctrica.

El presupuesto para la realización de los trabajos de rehabilitación y mejoramiento de la carretera, considera el año cero como el año en que se construye la subestación eléctrica y los valores se presentan a precios del 2011.

El presupuesto para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera con acabado en material de afirmado es de: \$2.545.565.792, lo que equivale a tener un costo de \$509'113.158 por kilómetro de carretera rehabilitada y mejorada. El

presupuesto para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera con acabado en asfalto se presenta en la Tabla 9.

**Tabla 9: Presupuesto actividades de rehabilitación y mejoramiento de la vía con acabado en afirmado<sup>25</sup>**

LISTA DE ÍTEMES, CANTIDADES Y PRECIOS PARA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE VÍA CON PAVIMENTO EN AFIRMADO					
Ítem de pago	Descripción del ítem de pago	Un	Cantidad	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
<b>1</b>	<b>EXCAVACIONES EN CORTE ABIERTO</b>				
1.1	Desmonte y limpieza en zona no boscosa	Ha	2,00	861.815	1.723.630
1.2	Excavación sin clasificar de la explanación y canales	m <sup>3</sup>	13.500	4.358	58.833.000
1.3	Remoción de derrumbes	m <sup>3</sup>	50	3.984	199.200
1.4	Excavaciones varias (tuberías, cajas)	m <sup>3</sup>	420	4.358	1.830.360
1.5	Transporte de materiales provenientes de excavaciones	m <sup>3</sup> -km	13.920	836	11.637.120
1.6	Transporte de materiales provenientes de derrumbes	m <sup>3</sup> -km	50	836	41.800
1.7	Terraplén para reconstrucción de banca	m <sup>3</sup>	750	8.816	6.612.000
<b>2</b>	<b>RELLENOS</b>				
2.1	Relleno Tipo A para tuberías	m <sup>3</sup>	190	48.463	9.207.970
<b>3</b>	<b>BASES, PAVIMENTOS Y OTRAS OBRAS</b>				
4.1	Geotextil para estabilización de suelos de subrasante y capas granulares	m <sup>2</sup>	22.500	7.200	162.000.000
4.2	Subbase granular	m <sup>3</sup>	4.500	174.575	785.587.500
4.3	Base granular	m <sup>3</sup>	4.500	190.925	859.162.500
4.5	Tubería de Concreto Diámetro 0,9 m	m	160	761.295	121.807.200
4.7	Señales verticales de tránsito Grupo I	Un	10	272.672	2.726.720
<b>5</b>	<b>PROTECCIÓN DE SUPERFICIES Y TALUDES</b>				
5.1	Mortero y malla tipo gallinero	m <sup>2</sup>	60	374.364	22.461.840
5.2	Gaviones	m <sup>3</sup>	15	221.548	3.323.220
5.3	Cunetas prefabricada en concreto	m	1.864	242.736	452.459.904
<b>6</b>	<b>MUROS RETENCIÓN REFORZADOS EN CONCRETO</b>				
6.1	Muro de contención en concreto	m <sup>3</sup>	32	597.479	19.119.328
<b>7</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				
7.1	Poceta en concreto	un	36	650.000	23.400.000

<sup>25</sup> Fuente: La Autora

LISTA DE ÍTEMES, CANTIDADES Y PRECIOS PARA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE VÍA CON PAVIMENTO EN AFIRMADO					
Ítem de pago	Descripción del ítem de pago	Un	Cantidad	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
<b>8</b>	<b>ENSAYOS</b>				
8.1	Ensayos CBR sobre la rasante de la vía	un	25	90.000	2.250.000
8.2	Ensayos de densidad y compactación	un	25	47.300	1.182.500
<b>COSTO TOTAL DE LAS OBRAS DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA VÍA DE ACCESO, CON ACABADO EN AFIRMADO</b>					<b>2.545.565.792</b>

El presupuesto para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera con acabado en asfalto es: \$3.516.322.950, lo que equivale a tener un costo de \$703'264.590 por kilómetro de carretera rehabilitada y mejorada. El presupuesto para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera con acabado en asfalto se presenta en la Tabla 10.

**Tabla 10: Presupuesto actividades de rehabilitación y mejoramiento de la vía con acabado en asfalto<sup>26</sup>**

LISTA DE ÍTEMES, CANTIDADES Y PRECIOS PARA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE VÍA CON PAVIMENTO EN ASFALTO					
Ítem de pago	Descripción del ítem de pago	Un	Cantidad	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
<b>1</b>	<b>EXCAVACIONES EN CORTE ABIERTO</b>				
1.1	Desmante y limpieza en zona no boscosa	Ha	2,00	861.815	1.723.630
1.2	Excavación sin clasificar de la explanación y canales	m <sup>3</sup>	13.500	4.358	58.833.000
1.3	Remoción de derrumbes	m <sup>3</sup>	50	3.984	199.200
1.4	Excavaciones varias (tuberías, cajas)	m <sup>3</sup>	420	4.358	1.830.360
1.5	Transporte de materiales provenientes de excavaciones	m <sup>3</sup> -km	13.920	836	11.637.120
1.6	Transporte de materiales provenientes de derrumbes	m <sup>3</sup> -km	50	836	41.800
1.7	Terraplén para reconstrucción de banca	m <sup>3</sup>	750	8.816	6.612.000
<b>2</b>	<b>RELLENOS</b>				

<sup>26</sup> Fuente: La Autora

LISTA DE ÍTEMES, CANTIDADES Y PRECIOS PARA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE VÍA CON PAVIMENTO EN ASFALTO					
Ítem de pago	Descripción del ítem de pago	Un	Cantidad	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
2.1	Relleno Tipo A para tuberías	m <sup>3</sup>	190	48.463	9.207.970
<b>3</b>	<b>BASES, PAVIMENTOS Y OTRAS OBRAS</b>				
3.1	Geotextil para estabilización de suelos de subrasante y capas granulares	m <sup>2</sup>	22.500	7.200	162.000.000
3.2	Subbase granular	m <sup>3</sup>	4.500	174.575	785.587.500
3.3	Base granular	m <sup>3</sup>	4.500	190.925	859.162.500
3.4	Concreto asfáltico - Mezcla densa en caliente MDC-2	m <sup>3</sup>	1.687	575.434	970.757.158
3.5	Tubería de Concreto Diámetro 0,9 m	m	160	761.295	121.807.200
3.6	Señales verticales de tránsito Grupo I	Un	10	272.672	2.726.720
<b>4</b>	<b>PROTECCIÓN DE SUPERFICIES Y TALUDES</b>				
4.1	Mortero y malla tipo gallinero	m <sup>2</sup>	60	374.364	22.461.840
4.2	Gaviones	m <sup>3</sup>	15	221.548	3.323.220
4.3	Cunetas prefabricada en concreto	m	1.864	242.736	452.459.904
<b>5</b>	<b>MUROS RETENCIÓN REFORZADOS EN CONCRETO</b>				
5.1	Muro de contención en concreto	m <sup>3</sup>	32	597.479	19.119.328
<b>6</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				
6.1	Poceta en concreto	un	36	650.000	23.400.000
<b>7</b>	<b>ENSAYOS</b>				
7.1	Ensayos CBR sobre la rasante de la vía	un	25	90.000	2.250.000
7.2	Ensayos de densidad y compactación	un	25	47.300	1.182.500
<b>COSTO TOTAL DE LAS OBRAS DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA VÍA DE ACCESO, CON ACABADO EN ASFALTO</b>					<b>3.516.322.950</b>

Los presupuestos para las actividades de mantenimiento rutinario y periódico de cada una de las opciones seleccionadas como acabado de la vía (afirmado y asfalto) se elaboran con base en información de contratos para este tipo de vías, buscando mantener la carretera en condiciones adecuadas que permitan acceder a la subestación eléctrica, tanto en la operación normal de la subestación eléctrica como en eventos de mantenimiento o de emergencia.

La frecuencia de realización de cada una de las actividades de mantenimiento se presenta en el numeral 9.2.2.6. Las cantidades se obtienen a partir de una estimación de los daños existentes en la vía, según se observó en el diagnóstico inicial realizado sobre la carretera.

El presupuesto para las actividades de mantenimiento rutinario de la carretera con acabado en material de afirmado por kilómetro/año es de \$12.130.787, según se presenta en la Tabla 11.

**Tabla 11: Presupuesto actividades de mantenimiento rutinario vía con acabado en afirmado<sup>27</sup>**

TIPO PAV.	NOMBRE ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	UNIDAD	FRECUENCIA POR AÑO	VALOR UNITARIO (COP)	CANTIDAD POR MANTEN.	COSTO ANUAL KM/AÑO (COP)
AMBOS	Rocería (PR-01 / 801-07)	Ha	4	380.251	2	608.402
AMBOS	Limpieza de bermas (DR-01 / 801-07)	m2	4	756	5000	3.024.000
AMBOS	Limpieza a mano de cunetas en concreto (DR – 03 / 801-07)	ml	4	1.058	1864	1.577.690
AMBOS	Limpieza a mano de descoles (DR-04 / 801-07)	ml	4	2.116	80	135.424
AMBOS	Limpieza a mano de alcantarillas (DR-06 / 801-07)	ml	4	4.809	160	615.552
AMBOS	Remoción de derrumbes (211-07)	m3	4	3.984	50	159.360
<b>SUBTOTAL (1)</b>						<b>6.120.427</b>
AFIRMADO	Reperfilado de carreteras no pavimentadas (PR-16 / 310-07)	m2	4	580	9000	4.176.000
AFIRMADO	Bacheo de superficie de pavimento en afirmado (PR-17 / 311-07)	m3	4	91.718	25	1.834.360
<b>SUBOTAL (2)</b>						<b>6.010.360</b>
<b>COSTO MANTENIMIENTO RUTINARIO DE CARRETERA EN AFIRMADO POR KM/AÑO</b>						<b>12.130.787</b>

<sup>27</sup> Fuente: La Autora

El presupuesto para las actividades de mantenimiento periódico de la carretera con acabado en material de afirmado por kilómetro/año es de \$16.509.240, según se presenta en la Tabla 12.

**Tabla 12: Presupuesto actividades de mantenimiento periódico vía con acabado en afirmado<sup>28</sup>**

TIPO PAV.	NOMBRE	UNIDAD	FRECUENCIA POR AÑO	VALOR UNITARIO (COP)	CANTIDAD POR MANTEN.	COSTO ANUAL KM/AÑO (COP)
AFIRMADO	Reposición del material de afirmado (PP-09 / 330-07 y 311-07)	m3	1	91.718	900	16.509.240
<b>COSTO MANTENIMIENTO PERIÓDICO DE CARRETERA EN AFIRMADO POR KM/AÑO</b>						<b>16.509.240</b>

El presupuesto para las actividades de mantenimiento rutinario de la carretera con acabado en material de asfalto por kilómetro/año es de \$8.885.464, según se presenta en la Tabla 13.

**Tabla 13: Presupuesto actividades de mantenimiento rutinario vía con acabado en asfalto<sup>29</sup>**

TIPO PAV.	NOMBRE	UNIDAD	FRECUENCIA POR AÑO	VALOR UNITARIO (COP)	CANTIDAD POR MANTEN.	COSTO ANUAL KM/AÑO (COP)
AMBOS	Rocería (PR-01 / 801-07)	Ha	4	380.251	2	608.402
AMBOS	Limpieza de bermas (DR-01 / 801-07)	m2	4	756	5000	3.024.000
AMBOS	Limpieza a mano de cunetas en concreto (DR – 03 / 801-07)	ml	4	1.058	1864	1.577.690
AMBOS	Limpieza a mano de descoles (DR-04 / 801-07)	ml	4	2.116	80	135.424
AMBOS	Limpieza a mano de alcantarillas (DR-06 / 801-07)	ml	4	4.809	160	615.552
AMBOS	Remoción de derrumbes (211-07)	m3	4	3.984	50	159.360
<b>SUBTOTAL (1)</b>						<b>6.120.427</b>

<sup>28</sup> Fuente: La Autora

<sup>29</sup> Ídem

TIPO PAV.	NOMBRE	UNIDAD	FRECUENCIA POR AÑO	VALOR UNITARIO (COP)	CANTIDAD POR MANTEN.	COSTO ANUAL KM/AÑO (COP)
ASFALTO	Sello de fisuras y grietas en pavimento flexible (PR-03 / 466-07)	ml	1	2.350	50	23.500
ASFALTO	Parcheo en superficie de rodadura asfáltica (PR-05 / 465-07 y 440-07)	m2	1	612.437	15	1.837.311
ASFALTO	Bacheo en superficies de rodadura asfáltica (PR-06 / 465-07 y 440-07, 330-07, 320-07 )	m3	1	1.004.695	4,5	904.226
<b>SUBOTAL (2)</b>						<b>2.765.037</b>
<b>COSTO MANTENIMIENTO RUTINARIO DE CARRETERA EN ASFALTO POR KM/AÑO</b>						<b>8.885.464</b>

El presupuesto para las actividades de mantenimiento periódico de la carretera con acabado en material de asfalto por kilómetro/año es de \$6.912.833, según se presenta en la Tabla 14.

**Tabla 14: Presupuesto actividades de mantenimiento periódico vía con acabado en asfalto<sup>30</sup>**

TIPO PAV.	NOMBRE	UNIDAD	FRECUENCIA POR AÑO	VALOR UNITARIO (COP)	CANTIDAD POR MANTEN.	COSTO ANUAL KM/AÑO (COP)
ASFALTO	Riego en negro (PP-2.1 / 420-07)	m2	0,25	2.832	1125	159.300
ASFALTO	Tratamiento superficial simple (PP-2.2 / 430-07)	m2	0,25	4.976	1125	279.900
ASFALTO	Renivelación con sobrecarpeta con mezcla asfáltica en caliente (PP-03 / 450-07)	m3	0,25	575.434	225	6.473.633
<b>COSTO MANTENIMIENTO PERIÓDICO DE CARRETERA EN ASFALTO POR KM/AÑO</b>						<b>6.912.833</b>

Tal como se presenta en las Tablas 11 y 13, las actividades de mantenimiento rutinario tienen un rubro común para ambos tipos de pavimentos (asfalto y

---

<sup>30</sup> Fuente: La Autora



afirmado), asociado con la utilización intensiva de mano de obra, correspondiente a actividades de rocería, limpieza y remoción de derrumbes.

### **9.2.6 Conclusión General del Análisis Técnico**

De acuerdo con el análisis técnico se concluye que ambas alternativas son viables desde el punto de vista técnico puesto que permiten contar con un acceso seguro y confiable para labores de mantenimiento y operación continua de la subestación eléctrica; igualmente se concluye que la ejecución de las obras de rehabilitación y mejoramiento de la carretera son de gran importancia para la operación de la subestación eléctrica, puesto que mantienen la carretera en condiciones adecuadas de servicio.

Si bien es cierto que la alternativa de pavimento en afirmado es mucho más conveniente para la empresa en el año cero, debido a que esta opción requiere realizar menos inversiones para poner el proyecto completo en servicio, también es cierto que los costos por mantenimiento rutinario y periódico pueden encarecer los costos de operación, razón por la cual se hace más importante e interesante realizar una evaluación financiera que permita tomar una decisión que favorezca los intereses de la empresa dueña de la subestación eléctrica.

Se han analizado las opciones viables para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera y los requerimientos técnicos para su mantenimiento, demostrando la necesidad de implementar un programa de mantenimiento rutinario en aras de disminuir los mantenimientos periódicos, o disminuyendo los costos de intervención sobre la carretera para garantizar la prestación continua y segura del servicio.

## **9.3 EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO**

### **9.3.1 Horizonte de Evaluación del Proyecto**

En este apartado se estructura toda la información monetaria relacionada con las etapas anteriores, permitiendo construir los presupuestos y flujos de caja para cada una de las alternativas del proyecto en un horizonte temporal de evaluación que, en el presente caso, reúne dos (2) escenarios: Uno inicial que comprende de forma predeterminada un período de diez (10) años, y un segundo escenario que cubre los veinticinco (25) años de plazo otorgados por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) a la empresa concesionaria de la subestación eléctrica (que demanda la rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento constante de la vía objeto del presente estudio) para que reciba el pago como contraprestación por el “diseño, suministro, construcción, operación y mantenimiento del proyecto” e igualmente derive los réditos propios por su adecuada administración y operación.

Si bien se hace evidente que la proyección de los flujos de caja a 10 años impone menos limitaciones sobre la confiabilidad de los pronósticos en comparación con un horizonte de proyección tan amplio como lo es el de 25 años, se justifica hacerlo para todo el período de la concesión puesto que la sola modelación y sensibilización de las cifras permiten conocer, así sea con un mayor margen de error, el umbral de pavimentación de la vía permitiendo verificar la efectividad de los costos asociados con el mantenimiento de la misma.

### **9.3.2 Criterios de Evaluación Financiera**

El presente estudio contempla el análisis de alternativas para el acabado de pavimento en vías terciarias de proyectos de infraestructura eléctrica que por sus particularidades son exclusivamente generadoras de costos (proyectos generadores de egresos), razón por la cual no resulta matemáticamente posible el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) dado que los flujos de caja comprenden todas salidas de efectivo; quedando entonces el proceso de toma de

decisiones orientado solo por el criterio del Valor Presente Neto (VPN) o también denominado Valor Actual Neto (VAN). En consecuencia, se define como la alternativa más conveniente desde la perspectiva financiera la tenga el menor VPN, o dicho de otro modo, la alternativa de más costo eficiente será aquella que presente el VPN menos negativo, que señalaría un menor esfuerzo en recursos de inversión destinados al proyecto expresados en unidades monetarias equivalentes de hoy.

Sin embargo, una vez calculado el VPN, y con base en la aplicación de la tasa de descuento definida por la empresa promotora del proyecto, se pueden derivar el Costo Periódico Equivalente (CAE), que expresa los  $n$  desembolsos periódicos (anuales) que se hacen equivalentes a una única erogación realizada en el período cero de proyecto (VPN); y el Valor Futuro (VF), que indica el monto a cancelar en un solo pago a realizar al final del período de evaluación del proyecto correspondiente al total de la inversión más los costos por las actividades de mantenimiento requeridas.

### **9.3.3 Presupuestos y Flujo de Caja del Proyecto**

Los presupuestos y flujos de caja necesarios para la evaluación financiera se construyen, organizan y ciñen al cumplimiento de los parámetros y el procedimiento descrito a continuación:

#### **9.3.3.1 Costos de Rehabilitación y Mejoramiento**

Los costos de rehabilitación y mejoramiento de la vía para sendas alternativas (que en el lenguaje general comprende todos los desembolsos asociados a la construcción de la misma) reúnen información correspondiente al período cero del proyecto, por ende, están expresados en tiempo presente y no requieren ser descontados, información que está especificada en las Tablas 9 y 10, presentadas anteriormente.

### **9.3.3.2 Costos de Mantenimiento Rutinario**

Los costos concernientes al componente de mantenimiento rutinario descritos en las Tablas 11 y 13 del numeral 9.2.5.2 fueron calculados para el año cero (actual), siendo obvio que se espere materialicen en cada uno de los años del contrato de concesión, situación que exige que dichos valores se ajusten a futuro con base en la aplicación de un factor de indexación que los actualice.

En nuestro medio es típico encontrar la celebración de contratos de mantenimiento rutinario de vías ejecutados por organizaciones sin ánimo de lucro (asociaciones, cooperativas, corporaciones) que utilizan de forma intensiva mano de obra incluso no calificada; y cuyas tarifas de pago por los servicios prestados se definen mediante la estimación de unos costos iniciales que cubren la mano de obra de operación más un componente de Administración, Imprevistos y Utilidad (A.I.U.) calculado como un porcentaje en exceso del valor anterior. Ahora bien, para su ajuste en los años sucesivos se actualiza dicho monto original con base en el porcentaje de incremento del Salario Mínimo Legal decretado por el Gobierno Nacional.

En este orden de ideas, el factor de ajuste o indexación de los valores anuales para el mantenimiento rutinario de la vía consiste en calcular la variación anual correspondiente al incremento del Salario Mínimo Legal (SML) a decretar por el Gobierno Nacional para cada uno de los años de la proyección, luego tomar esa unidad de medida como un factor de ajuste para posteriormente multiplicarlo por el valor del mantenimiento del año cero, y así sucesivamente para cada uno de los siguientes años del horizonte de evaluación pero de forma acumulativa.

Una dificultad al respecto radica en que no existen fuentes de información oficiales donde se puedan consultar los incrementos anuales esperados para el SML en Colombia, para períodos tan amplios como 10 y 25 años, pues por mandato legal, el incremento del SML a operar a partir del primer día de cada vigencia fiscal a

cursar está en función del resultado de previa concertación surgida en negociaciones adelantadas en mesa de trabajo integrada con representantes de los sectores empresarial, sindical y agentes del Gobierno; o a falta de consenso entre las partes, el incremento se produce de manera discrecional por decisión del Gobierno Nacional que se pronuncia a través de acto administrativo vinculante (decretos).

Nótese a continuación como la Tabla 15 registra las variaciones anuales del SML en Colombia desde 1985 al 2011; mientras que la Tabla 16 señala la variación anual del Índice de Precios al Consumidor (IPC) para el período 1985 - 2010. Información que se trae a colación para tratar de inferir un parámetro de ajuste del crecimiento del SML colombiano supeditándolo a lo que pueda acontecer con el comportamiento de la inflación interna (IPC).

**Tabla 15: Variación anual del SML en Colombia desde 1985 al 2011<sup>31</sup>**

<b>SALARIO MINIMO LEGAL COLOMBIANO (En COP)</b>				
<b>Año</b>	<b>Diario</b>	<b>Mensual</b>	<b>Decretos del Gobierno Nacional</b>	<b>Variación Anual SML</b>
1985	451,92	13.557,60	0001 de enero de 1985	
1986	560,38	16.811,40	3754 de diciembre de 1985	24,00%
1987	683,66	20.509,80	3732 de diciembre de 1986	22,00%
1988	854,58	25.637,40	2545 de diciembre de 1987	25,00%
1989	1.085,32	32.559,60	2662 de diciembre de 1988	27,00%
1990	1.367,50	41.025,00	3000 de diciembre de 1989	26,00%
1991	1.723,87	51.716,10	3074 de diciembre de 1990	26,06%
1992	2.173,00	65.190,00	2867 de diciembre de 1991	26,05%
1993	2.717,00	81.510,00	2061 de diciembre de 1992	25,03%
1994	3.290,00	98.700,00	2548 de diciembre de 1993	21,09%
1995	3.964,45	118.933,50	2872 de diciembre de 1994	20,50%
1996	4.737,50	142.125,00	2310 de diciembre de 1995	19,50%
1997	5.733,50	172.005,00	2334 de diciembre de 1996	21,02%
1998	6.794,20	203.826,00	3106 de diciembre de 1997	18,50%
1999	7.882,00	236.460,00	2560 de diciembre de 1998	16,01%

<sup>31</sup> Fuente: Decretos del Gobierno Nacional, Bogotá.

<b>SALARIO MINIMO LEGAL COLOMBIANO (En COP)</b>				
<b>Año</b>	<b>Diario</b>	<b>Mensual</b>	<b>Decretos del Gobierno Nacional</b>	<b>Variación Anual SML</b>
2000	8.670,00	260.100,00	2647 de diciembre 23 de 1999	10,00%
2001	9.533,33	286.000,00	2579 de diciembre 13 de 2000	9,96%
2002	10.300,00	309.000,00	2910 de diciembre 31 de 2001	8,04%
2003	11.066,67	332.000,00	3232 de diciembre 27 de 2002	7,44%
2004	11.933,33	358.000,00	3770 de diciembre 26 de 2003	7,83%
2005	12.716,67	381.500,00	4360 de diciembre 22 de 2004	6,56%
2006	13.600,00	408.000,00	4686 de diciembre 21 de 2005	6,95%
2007	14.456,67	433.700,00	4580 de diciembre 27 de 2006	6,30%
2008	15.383,33	461.500,00	4965 de diciembre 27 de 2007	6,41%
2009	16.563,33	496.900,00	4868 de diciembre 30 de 2008	7,67%
2010	17.166,67	515.000,00	5053 de diciembre 30 de 2009	3,64%
2011	17.853,33	535.600,00	033 de enero 11 de 2011	4,00%

**Tabla 16: Variación anual del IPC en Colombia desde 1985 al 2010<sup>32</sup>**

<b>IPC CAUSADO EN COLOMBIA (%)</b>	
<b>Año</b>	<b>Variación Anual</b>
1985	22,45%
1986	20,95%
1987	24,02%
1988	28,12%
1989	26,12%
1990	32,36%
1991	26,82%
1992	25,13%
1993	22,60%
1994	22,59%
1995	19,46%
1996	21,63%
1997	17,68%
1998	16,70%
1999	9,23%
2000	8,75%
2001	7,65%
2002	6,99%
2003	6,49%
2004	5,50%
2005	4,85%

<sup>32</sup> Fuente: DANE. Bogotá

IPC CAUSADO EN COLOMBIA (%)	
Año	Variación Anual
2006	4,48%
2007	5,69%
2008	7,67%
2009	2,00%
2010	3,17%

Ahora bien, contrastando el comportamiento del crecimiento anual del SML colombiano para la vigencia a cursar versus la evolución de la variación anual del IPC causado para la vigencia que cierra, tal como lo muestra la Tabla 17, se observa una conducta que en general caracteriza tres etapas: Una fase inicial que va desde 1985 a 1988 donde el incremento del SML fue superior al respectivo registro del IPC de la vigencia que terminaba; una segunda fase intermedia, entre 1989 y 1999, donde el aumento del SML resultó inferior a la inflación interna causada para el año previo finalizado (excepciones hechas para los años 1996 y 1998); y una tercera y última fase que inicia desde el año 2000 a la fecha, cuya característica ha sido que el aumento anual del SML, bien sea que se haya logrado por consenso de la mesa tripartita de negociación o que se haya establecido unilateralmente por Gobierno Nacional, ha venido considerando como basamento el resultado certificado por el DANE para la inflación causada con cierre al 31 de diciembre del año que culmina, situación que incluso cuenta con sentencias de la Corte Constitucional que así lo aclara. Es por ello que en la última década ha sido uno de los criterios incorporados en la “Mesa de Negociación del Salario Mínimo” que cualquiera sea el aumento que se defina quede recogido como mínimo la inflación interna del año inmediatamente anterior, es decir, que el SML se ajuste por lo menos con el IPC causado con el objeto de recoger la pérdida del poder adquisitivo de la moneda, situación que en general logra cierto consenso entre industriales y representantes sindicales. Claro está que lo que se busca por los representantes de las centrales obreras es solicitar un aumento del SML que reúna el IPC causado más unos puntos porcentuales adicionales que

signifiquen el incremento real del salario, tema que incluso algunos denominan como porcentaje de aumento por productividad.

**Tabla 17: Comparación de las variaciones anuales del SML y el IPC en Colombia para el período 1986 – 2011<sup>33</sup>**

Año	Variación Anual SML	Variación Anual IPC	Crecimiento del SML del Año en Curso frente al IPC Causado para el Año Inmediatamente Anterior	El SML Creció por encima del IPC	
				Si	No
1985		22,45%			
1986	24,00%	20,95%	1,55%	X	
1987	22,00%	24,02%	1,05%	X	
1988	25,00%	28,12%	0,98%	X	
1989	27,00%	26,12%	-1,12%		X
1990	26,00%	32,36%	-0,12%		X
1991	26,06%	26,82%	-6,30%		X
1992	26,05%	25,13%	-0,77%		X
1993	25,03%	22,60%	-0,10%		X
1994	21,09%	22,59%	-1,51%		X
1995	20,50%	19,46%	-2,09%		X
1996	19,50%	21,63%	0,04%	X	
1997	21,02%	17,68%	-0,61%		X
1998	18,50%	16,70%	0,82%	X	
1999	16,01%	9,23%	-0,69%		X
2000	10,00%	8,75%	0,77%	X	
2001	9,96%	7,65%	1,21%	X	
2002	8,04%	6,99%	0,39%	X	
2003	7,44%	6,49%	0,45%	X	
2004	7,83%	5,50%	1,34%	X	
2005	6,56%	4,85%	1,06%	X	
2006	6,95%	4,48%	2,10%	X	
2007	6,30%	5,69%	1,82%	X	
2008	6,41%	7,67%	0,72%	X	
2009	7,67%	2,00%	0,00%		
2010	3,64%	3,17%	1,64%	X	
2011	4,00%		0,83%	X	

De forma preliminar, el factor de ajuste de los valores del mantenimiento rutinario de la vía (proyección) parte de la meta de largo plazo del IPC establecida por las

<sup>33</sup> Fuente: La Autora



autoridades económicas colombianas (Banco de la República, Gobierno Nacional) que es del tres por ciento (3% anual) más un “plus” o “spread” por productividad o crecimiento real que corresponde al promedio ponderado de los incrementos del SML que son superiores al techo de la inflación interna causada conforme los registros obtenidos para el período 2000 – 2011 señalados en la Tabla 18.

**Tabla 18: Cálculo del factor de ajuste para los valores del mantenimiento rutinario de la carretera<sup>34</sup>**

Año	Variación Anual SML	Variación Anual IPC	Crecimiento Real del SML (> al IPC Causado)	Forma de Cálculo de la Columna (c)	Participación del Aumento Real del SML / IPC Anual	Forma de Cálculo de la Columna (d)
	(a)	(b)	(c)		(d)	
1999	16,01%	9,23%				
2000	10,00%	8,75%	0,77%	(10,00%) / (9,23%)	8,31%	(0,77%) / (9,23%)
2001	9,96%	7,65%	1,21%	(9,96%) / (8,75%)	13,80%	(1,21%) / (8,75%)
2002	8,04%	6,99%	0,39%	(8,04%) / (7,65%)	5,12%	(0,39%) / (7,65%)
2003	7,44%	6,49%	0,45%	(7,44%) / (6,99%)	6,49%	(0,45%) / (6,99%)
2004	7,83%	5,50%	1,34%	(7,83%) / (6,49%)	20,67%	(1,34%) / (6,49%)
2005	6,56%	4,85%	1,06%	(6,56%) / (5,50%)	19,35%	(1,06%) / (5,50%)
2006	6,95%	4,48%	2,10%	(6,95%) / (4,85%)	43,22%	(2,10%) / (4,85%)
2007	6,30%	5,69%	1,82%	(6,30%) / (4,48%)	40,60%	(1,82%) / (4,88%)
2008	6,41%	7,67%	0,72%	(6,41%) / (5,69%)	12,65%	(0,72%) / (5,69%)
2009	7,67%	2,00%	0,00%	(7,67%) / (7,67%)	0,00%	(0,00%) / (7,67%)
2010	3,64%	3,17%	1,64%	(3,64%) / (2,00%)	82,13%	(1,64%) / (2,00%)
2011	4,00%		0,83%	(4,00%) / (3,17%)	26,18%	(0,83%) / (3,17%)
<b>Promedio Ponderado de la Participación del Aumento Real del SML para el Año en Curso Respecto del IPC Causado para el Año Anterior</b>					<b>23,21%</b>	<b>Se aproxima a 25%</b>

Por tanto, con los criterios antes sustentados los costos del mantenimiento rutinario de la vía pudieran, en sentido estricto, ajustarse con una tasa anual constante del 3,75%, resultante de la meta de inflación de largo plazo (3%) más el 25% de esta (0.75%) que equivale al promedio ponderado del crecimiento real del SML.

<sup>34</sup> Fuente: La Autora

Sin embargo, siendo aún más conservadores con el análisis, es decir, extremando con rigor las cifras se plantea una meta de inflación interna de largo plazo mayor que la definida por el Gobierno Nacional (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Departamento Nacional de Planeación), tal como lo cita la Tabla 19 que registra el IPC esperado para el período 2011-2030 conforme cálculos realizados por el equipo de profesionales del área financiera de la empresa promotora del proyecto (subestación eléctrica); lo cual, en definitiva, haría que la tasa de ajuste o indexación para los costos del mantenimiento rutinario de la vía para sendas alternativas (en pavimento flexible o en afirmado) sea la del IPC esperado para el respectivo año más el 25% del mismo como factor de crecimiento del SML.

En este orden de ideas, los costos del mantenimiento rutinario quedan ajustados con una tasa del 4.25% para el 2011, del 4.38% para el 2012 y del 5,00% para cada uno de los años entre 2013 y 2030.

**Tabla 19: Variación Anual Proyectada de la Inflación Interna (IPC)<sup>35</sup>**

Entidad que realiza la Proyección	2011	2012	2013	2014	2015	2016 a 2030
Ministerio de Hacienda y Crédito Público (Minhacienda) <sup>1</sup>	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	
Departamento Nacional de Planeación (DNP)	3,00%					
Grupo Bancolombia	3,40%	3,60%	3,80%	3,70%	3,60%	
Revista La Nota	3,10%	2,40%	2,80%	3,20%		
Fondo Monetario Internacional (FMI )	3,60%	2,80%	2,80%	2,80%	2,80%	
Promedio	3,22%	2,95%	3,10%	3,18%	3,13%	
Cálculos del área financiera empresa promotora del proyecto	3,40%	3,50%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%

**Nota:** <sup>1</sup> La meta de inflación a largo plazo en Colombia está definida en 3% anual

<sup>35</sup> Fuente: Páginas Web de las entidades en referencia

### 9.3.3.3 Costos de Mantenimiento Periódico

A su turno los costos asociados con el mantenimiento de tipo periódico de la vía (también para ambas alternativas: pavimento en afirmado, pavimento asfáltico) descritos en las Tablas 12 y 14 del numeral 9.2.5.2 se proyectan ajustándolos con la meta de crecimiento del Índice de Precios al Productor (IPP).

En la Tabla 20 puede apreciarse la proyección del IPP realizada por diferentes agencias, y si bien el Gobierno Nacional, en cabeza del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, tiene definido como meta de largo plazo del IPP para Colombia un 3%, el presente estudio incorpora como factor de ajuste de los costos anuales asociados al mantenimiento periódico una tasa del 4.20% para el 2011 (considerando las variaciones mensuales reales registradas entre enero y mayo de 2011) y del 4.00% para cada uno de los años comprendidos entre 2012 y 2030, de acuerdo con estimaciones efectuadas por el equipo financiero de la empresa promotora del proyecto. Además, extremar las cifras con un punto porcentual adicional resulta válido como criterio conservador para verificar los indicadores financieros del proyecto.

**Tabla 20: Variación Anual Proyectada del IPP<sup>36</sup>**

Entidad que realiza la Proyección	2011	2012	2013	2014	2015	2016 a 2030
Ministerio de Hacienda y Crédito Público (Minhacienda) <sup>1</sup>	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	
Departamento Nacional de Planeación (DNP)	3,00%					
Grupo Bancolombia	4,00%	3,60%	3,40%	3,40%	3,40%	
Revista La Nota	3,80%	3,50%	4,20%	2,50%		
Promedio	3,45%	3,37%	3,53%	2,97%	3,20%	
Cálculos área financiera empresa promotora del proyecto	4,20%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%

**Nota:** <sup>1</sup> La meta a largo plazo del IPP en Colombia está definida en 3% anual

<sup>36</sup> Fuente: Páginas Web de las entidades en referencia

### 9.3.3.4 Resumen de los Factores de Ajuste para la Proyección de los Flujos de Caja

En síntesis, la Tabla 21 relaciona tanto el comportamiento histórico como las proyecciones de las distintas tasas de interés anuales que se aplican como factores de ajuste o indexación de los costos por concepto de mantenimientos rutinario y periódico de la vía, bien sea que se decida rehabilitar y mejorar (construir) con acabado en afirmado o con pavimento flexible; o que se trate de realizar la proyección de los flujos de caja para el escenario uno de 10 años, o para el escenario dos que comporta los 25 años del contrato de concesión de la subestación eléctrica.

**Tabla 21: Comportamiento Real y Estimado para los Indicadores Utilizados en la Proyección**

Variaciones Anuales Reales (Causadas)			Variaciones Anuales Proyectadas							
Año	IPC	IPP	Año	IPC <sup>1</sup>	Crecimiento Salario Mínimo	IPP <sup>1</sup>	Año	IPC <sup>1</sup>	Crecimiento Salario Mínimo	IPP <sup>1</sup>
2001	7,65%	6,93%	2011	3,40%	4,25%	4,20%	2021	4,00%	5,00%	4,00%
2002	6,99%	9,28%	2012	3,50%	4,38%	4,00%	2022	4,00%	5,00%	4,00%
2003	6,49%	5,72%	2013	4,00%	5,00%	4,00%	2023	4,00%	5,00%	4,00%
2004	5,50%	4,64%	2014	4,00%	5,00%	4,00%	2024	4,00%	5,00%	4,00%
2005	4,85%	2,06%	2015	4,00%	5,00%	4,00%	2025	4,00%	5,00%	4,00%
2006	4,48%	5,55%	2016	4,00%	5,00%	4,00%	2026	4,00%	5,00%	4,00%
2007	5,69%	1,27%	2017	4,00%	5,00%	4,00%	2027	4,00%	5,00%	4,00%
2008	7,67%	8,99%	2018	4,00%	5,00%	4,00%	2028	4,00%	5,00%	4,00%
2009	2,00%	-2,19%	2019	4,00%	5,00%	4,00%	2029	4,00%	5,00%	4,00%
2010	3,17%	4,38%	2020	4,00%	5,00%	4,00%	2030	4,00%	5,00%	4,00%

Fuente: DANE

Fuente: La autora

Nota: <sup>1</sup> Cálculos elaborados por la fuente citada en el numeral 9.3.3.2

### 9.3.3.5 Costos de Construcción y Mantenimiento de la Vía para el Año Cero

La Tabla 22 resume los costos a incurrir por la rehabilitación y mejoramiento de la vía, así como por el mantenimiento rutinario y periódico; todos expresados en

unidades monetarias colombianas de tiempo presente (año cero o actual). Igualmente, señala los rubros y montos sobre los cuales aplica cada factor de ajuste determinado en el numeral 9.3.3.4, con el fin de actualizar las cifras en la proyección.

**Tabla 22: Resumen de Costos de Rehabilitación, Mejoramiento y Mantenimientos Rutinario y Periódico de la Vía para el Año Cero, y los Factores de Ajuste Utilizados<sup>37</sup>**

Concepto de Costo	Vía con Pavimento en Afirmado (COP)	Vía con Pavimento en Asfalto (COP)	Factor de Ajuste o Indexación de las Cifras		
			Criterio Utilizado <sup>1</sup>	V/r Año 2012	V/r Años 2013 a 2036
<b>Rehabilitación y Mejoramiento de la Vía:</b>					
<b>Total Rehabilitación y Mejoramiento por Km</b>	<b>509.113.158</b>	<b>703.264.590</b>	<b>Costos Año 0</b>	<b>No Aplica</b>	<b>No Aplica</b>
<b>Total Rehabilitación y Mejoramiento por los 5 Km/Año</b>	<b>2.545.565.792</b>	<b>3.516.322.950</b>	<b>Costos Año 0</b>	<b>No Aplica</b>	<b>No Aplica</b>
<b>Mantenimiento Rutinario (Km/Año):</b>					
Rocería	608.402	608.402			
Limpieza de bermas	3.024.000	3.024.000			
Limpieza a mano de cunetas en concreto	1.577.690	1.577.690			
Limpieza de descoles	135.424	135.424			
Limpieza a mano de alcantarillas	615.552	615.552			
Remoción de derrumbes	159.360	159.360			
Reperfilado de carreteras no pavimentadas	4.176.000				
Bacheo de superficie de pavimento en afirmado	1.834.360				
Sello de fisuras y grietas en pavimento flexible		23.500			
Parqueo en superficie de rodadura asfáltica		1.837.311			
Bacheo en superficies de rodadura asfáltica		904.226			

<sup>37</sup> Fuente: La Autora

Concepto de Costo	Vía con Pavimento en Afirmado (COP)	Vía con Pavimento en Asfalto (COP)	Factor de Ajuste o Indexación de las Cifras		
			Criterio Utilizado <sup>1</sup>	V/r Año 2012	V/r Años 2013 a 2036
<b>Total Mantenimiento Rutinario por Km/Año</b>	<b>12.130.788</b>	<b>8.885.465</b>	<b>Variación SML</b>	<b>4,38%</b>	<b>5,00%</b>
<b>Total Mantenimiento Rutinario por los 5 Km/Año</b>	<b>60.653.940</b>	<b>44.427.325</b>	<b>Variación SML</b>	<b>4,38%</b>	<b>5,00%</b>
<b>Mantenimiento Periódico (km/Año):</b>					
Reposición del material de afirmado	16.509.240				
Riego en negro		159.300			
Tratamiento superficial simple		279.900			
Renivelación sobrecarpeta con mezcla asfáltica en caliente		6.473.633			
<b>Total Mantenimiento Periódico por Km/Año</b>	<b>16.509.240</b>	<b>6.912.833</b>	<b>IPP</b>	<b>4,00%</b>	<b>4,00%</b>
<b>Total Mantenimiento Periódico por los 5 Km/Año</b>	<b>82.546.200</b>	<b>34.564.165</b>	<b>IPP</b>	<b>4,00%</b>	<b>4,00%</b>

Nota 1: Los criterios utilizados como factores de ajuste de los costos de mantenimiento son la variación anual estimada del Salario Mínimo Legal (SML) y la variación anual proyectada del índice de Precios al productor (IPP). Los costos de la rehabilitación y mejoramiento de la carretera corresponden al período cero del proyecto que se precisa es el año 2011.

### 9.3.3.6 Tasa de Descuento de los Flujos de Caja del Proyecto

Para descontar todos los flujos de caja netos de los distintos escenarios creados y calcular tanto el Valor Presente Neto (VPN) y el Costo Anual Equivalente (CAE) de cada alternativa, como para capitalizar las cifras y obtener los saldos de Valor Futuro (VF); se utiliza como tasa de descuento o capitalización el Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC = WACC) que el área financiera de la empresa promotora del proyecto, actual concesionaria de la subestación eléctrica, tiene definido como del 10% con corte al mes de agosto de 2011.

Valga subrayar que ni las especificidades del modelo matemático utilizado, ni el procediendo allanado para el cálculo del WACC de la empresa interesada en los resultados del presente trabajo se dan a conocer por razones de confidencialidad

en información que se considera estratégica y que se maneja con el carácter de reserva.

Si se aclara que el Costo Promedio Ponderado de Capital (o WACC por sus siglas en inglés: Weigheted Average Costo of Capital) fue calculado mediante la aplicación del Método CAPM (Capital Asset Pricing Model) y arrojó un resultado redondeado del 10% para agosto de 2011; empero, también por razones de política interna de la empresa en referencia los proyectos se “corren” o “modelan” inicialmente con el WACC obtenido y, paralelamente, en escenarios de sensibilización con WACC que incluyan más 100 pb (1%), más 200 pb (2%) y más 300 pb (3%) adicionales de forma respectiva. Es decir, para el presente caso, creando escenarios de riesgo con tasas de descuento del 10%, 11%, 12% y 13%, respectivamente.<sup>38</sup>

---

<sup>38</sup> Se deja constancia que para su determinación también se consultaron otras fuentes como el trabajo que realizó la Facultad de Administración de Empresas de la Universidad de Los Andes con el propósito de establecer la tasa de rentabilidad de la actividad de distribución de energía eléctrica en Colombia para el período 2008-2012, con destino a la Asociación Colombiana de Distribuidores de Energía Eléctrica – ASOCODIS, que concluye con un WACC = 10.48% en términos reales después de impuestos, equivalente al 16% en términos nominales después de impuestos (con inflación del 5%), resultante de los siguientes parámetros: estructura de capital con 80% de patrimonio y 20% de proporción de deuda, tasa de impuesto a la renta 33%, costo de la deuda 13.57%, tasa de libre de riesgo 5.92%, prima de riesgo de mercado 5.14%, beta desapalancado de la Página Web del profesor A. Damodaran 0.63 para el sector de *electric utilities* en EEUU, coeficiente de volatilidades de acciones y bonos 1.28%, nivel de exposición de las firmas a riesgo país 1.22%, spread de bonos de deuda soberana 2.5%, prima de riesgo país 3.2% y exposición a riesgo país 3.9%. Estudio que se adelantó con base tanto en la metodología establecida por la Resolución de la Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG N° 013 de 2002 que señala la tasa remuneratoria en un valor del 16,06% en términos reales antes de impuestos para los niveles de tensión I, II y III y del 14.06% para el nivel de tensión IV; como en las demás metodologías de remuneración usuales en la distribución de energía eléctrica.

Igualmente, la carta de respuesta entregada por el Ministerio de Minas y Energía – CREG, con radicado MMECREG – 1526 – 02 (Mayo 03/2002), al oficio de solicitud CR/051/02, radicado como CREG – 3939 de 2002, expedido por la Presidencia de la Comisión Sexta de la Cámara de Representantes, relacionado con asuntos tarifarios para el sector eléctrico colombiano; donde se cita como tasas de retorno reales antes de impuestos (Costo de Capital) las utilizadas en: Argentina entre 13.9% y 17.2%, Perú 12%, Chile 10% y en Colombia para algunos servicios públicos domiciliarios del 9% para el período regulatorio actual y del 16.06% para el período regulatorio siguiente.

### 9.3.3.7 Flujos de Caja del Escenario 1 – Proyección a 10 Años

Se presentan a continuación los flujos de caja definidos para el primer escenario de evaluación que comprende un período predeterminado de diez (10) años y considera ambas opciones de pavimento seleccionado: afirmado y asfalto.

#### 9.3.3.7.1 Flujo de caja a 10 años para vía en afirmado

La Tabla 23 presenta el flujo de caja a diez (10) años para la vía con pavimento en afirmado, considerando los costos de rehabilitación y mejoramiento y los costos asociados al mantenimiento rutinario y periódico requeridos para contar con un buen funcionamiento de la carretera, garantizando así la correcta operación de la subestación eléctrica.

**Tabla 23: Escenario 1 – Flujo de Caja a 10 Años – Vía con Pavimento en Afirmado<sup>39</sup>**

Flujo de Caja Anualizado		Flujo de Caja Neto (COP) <sup>1</sup>	Costo Rehabilitación y Mejoramiento (COP) <sup>2</sup>	Mantenimiento Rutinario (COP) <sub>3</sub>	Mantenimiento Periódico (COP) <sub>4</sub>
Tipo de Flujo de Caja	Año				
Flujo de Caja Inicial	Cero = 2011	-2.545.565.792	-2.545.565.792		
Flujo de Caja Año 1	2012	-149.158.631		-63.310.583	-85.848.048
Flujo de Caja Año 2	2013	-155.758.082		-66.476.112	-89.281.970
Flujo de Caja Año 3	2014	-162.653.166		-69.799.917	-92.853.249
Flujo de Caja Año 4	2015	-169.857.292		-73.289.913	-96.567.379
Flujo de Caja Año 5	2016	-177.384.483		-76.954.409	-100.430.074
Flujo de Caja Año 6	2017	-185.249.406		-80.802.129	-104.447.277
Flujo de Caja Año 7	2018	-193.467.404		-84.842.236	-108.625.168
Flujo de Caja Año 8	2019	-202.054.522		-89.084.347	-112.970.175
Flujo de Caja Año 9	2020	-211.027.546		-93.538.565	-117.488.982
Flujo de Caja Año 10	2021	-220.404.034		-98.215.493	-122.188.541

Notas:

<sup>1</sup> El flujo de caja neto se obtiene de la sumatoria de los diferentes desembolsos a incurrir en cada período del horizonte de evaluación del proyecto.

<sup>39</sup> Fuente: La Autora



<sup>2</sup> El costo de rehabilitación y mejoramiento de la vía con pavimento en afirmado asciende a \$2.545'565.792, conforme las inversiones requeridas que aparecen detalladas en la Tabla 9, y que se plantean ejecutar en el período cero del proyecto.

<sup>3</sup> El costo total para garantizar el mantenimiento rutinario de la vía en afirmado por un año corresponde a \$60'653.940 en valores equivalentes de hoy (período cero del proyecto), tal como lo señalan las Tablas 11 y 22. No obstante, para efectos de indexar las cifras se aplica una tasa de ajuste del 4.38% para el año 1 y del 5.00% para cada uno de los siguientes años del período de evaluación contemplado, que son las tasas de crecimiento o variación anuales proyectadas para el Salario Mínimo Legal en Colombia (Tabla 21)

<sup>4</sup> El costo total anual para garantizar el mantenimiento periódico de la vía en afirmado corresponde a \$82'546.200, a valores de 2011, tal como lo señala la Tabla 12<. Empero, la indexación de las cifras se hace aplicando una tasa de ajuste del 4.00% para cada uno de los años del horizonte de evaluación definido, que es la tasa de crecimiento o variación anual esperada para el Índice de Precios al Productor en Colombia (Tabla 21)

Los resultados del Valor Presente Neto, del Costo Anual Equivalente y del Valor Futuro, correspondientes al “Flujo de Caja del Proyecto a Diez (10) Años para la Vía en Afirmado” se ilustran en la Tabla 24.

**Tabla 24: Cálculo VPN, CAE y VF para Flujo de Caja a 10 Años – Vía con Pavimento en Afirmado<sup>40</sup>**

Criterio de Evaluación	Valor (COP)
Tasa de Descuento (CPPC = WACC)	10%
Valor Presente Neto (VPN = VAN)	-3.630.829.920
Costo Anual Equivalente (CAE)	-590.900.849
Valor Futuro (VF)	-9.417.437.728

Cuya lectura indica:

- 1) Para el VPN: La inversión total a realizar tanto por la rehabilitación y mejoramiento de la vía en afirmado como por su adecuado mantenimiento rutinario y periódico requeridos durante diez (10) años, asciende a \$3.630'829.913, valor expresado en unidades monetarias actuales (de hoy), considerando un costo de capital del 10% anual para el proyecto.

---

<sup>40</sup> La Autora

- 2) Para el CAE: Para un costo de capital del 10% anual, es lo mismo (equivalente) desembolsar hoy en un solo pago \$3.630'829.913 que diez (10) cuotas anuales iguales y sucesivas de \$590'900,849 al final de cada año; para cancelar todos los valores que demanda tanto la rehabilitación y mejoramiento inicial de la vía con acabo en afirmado como su adecuado mantenimiento durante diez (10) años.
- 3) Para el VF: La inversión a realizar tanto por la rehabilitación y mejoramiento de la vía en afirmado como por su adecuado mantenimiento rutinario y periódico requeridos durante diez (10) años, presentada de forma acumulada en un solo pago a realizar al final del período de evaluación del proyecto, asciende a un total de \$9.417'437.728.

### 9.3.3.7.2 Flujo de caja a 10 años para vía en pavimento flexible

La Tabla 25 presenta el flujo de caja a diez (10) años para la vía con pavimento en asfalto, considerando los costos de rehabilitación y mejoramiento y los costos asociados al mantenimiento rutinario y periódico requeridos para contar con un buen funcionamiento de la carretera, garantizando así la correcta operación de la subestación eléctrica.

**Tabla 25: Escenario 1 – Flujo de Caja a 10 Años – Vía con Pavimento en Asfalto<sup>41</sup>**

Flujo de Caja Anualizado		Flujo de Caja Neto (COP) <sup>1</sup>	Costo Rehabilitación y Mejoramiento (COP) <sup>2</sup>	Mantenimiento Rutinario (COP) <sup>3</sup>	Mantenimiento Periódico (COP) <sup>4</sup>
Tipo de Flujo de Caja	Año				
Flujo de Caja Inicial	Cero = 2011	-3.516.322.950	-3.516.322.950		
Flujo de Caja Año 1	2012	-82.319.973		-46.373.242	-35.946.732
Flujo de Caja Año 2	2013	-86.076.505		-48.691.904	-37.384.601
Flujo de Caja Año 3	2014	-90.006.484		-51.126.499	-38.879.985
Flujo de Caja Año 4	2015	-94.118.008		-53.682.824	-40.435.184
Flujo de Caja Año 5	2016	-98.419.557		-56.366.965	-42.052.592

<sup>41</sup> Fuente: La Autora

Flujo de Caja Anualizado		Flujo de Caja Neto (COP) <sup>1</sup>	Costo Rehabilitación y Mejoramiento (COP) <sup>2</sup>	Mantenimiento Rutinario (COP) <sup>3</sup>	Mantenimiento Periódico (COP) <sup>4</sup>
Tipo de Flujo de Caja	Año				
Flujo de Caja Año 6	2017	-102.920.009		-59.185.314	-43.734.695
Flujo de Caja Año 7	2018	-107.628.662		-62.144.579	-45.484.083
Flujo de Caja Año 8	2019	-112.555.255		-65.251.808	-47.303.446
Flujo de Caja Año 9	2020	-117.709.983		-68.514.399	-49.195.584
Flujo de Caja Año 10	2021	-123.103.526		-71.940.119	-51.163.408

Notas:

<sup>1</sup> El flujo de caja neto se obtiene de la sumatoria de los diferentes desembolsos a incurrir en cada período del horizonte de evaluación del proyecto.

<sup>2</sup> El costo total de rehabilitación y mejoramiento de la vía con pavimento asfáltico es del orden de \$3.516'322.950, de acuerdo con las inversiones establecidas en la Tabla 10, que se plantean sean ejecutadas en el momento cero del proyecto.

<sup>3</sup> El costo total anual por concepto de mantenimiento rutinario de la vía en asfalto es de \$44'427.325 en valores equivalentes del período cero del proyecto, tal como lo señalan las Tablas 11 y 20. Sin embargo, para justar las cifras se aplica una tasa anual del 4.38% en el primer año y del 5.00% para cada uno de los restantes nueve (9) años del período de evaluación determinado. Tasas éstas que representan la variación anual proyectada del Salario Mínimo Legal en Colombia (Tabla 21)

<sup>4</sup> El costo total anual para garantizar el mantenimiento periódico de la vía en asfalto asciende a \$34'564.165, a precios de 2011 (Tablas 14 y 22); cifra que anualmente se va capitalizando mediante la aplicación de una tasa de indexación o ajuste del 4.00%, que corresponde a la tasa de variación anual proyectada para el Índice de Precios al Productor en Colombia (Tabla 21)

La Tabla 26 señala los resultados del Valor Presente Neto, del Costo Anual Equivalente y del Valor Futuro, que corresponden al “Flujo de Caja del Proyecto a Diez (10) Años para la Vía con Pavimento Asfáltico”.

**Tabla 26: Cálculo VPN, CAE y VF para Flujo de Caja a 10 Años – Vía con Pavimento en Asfalto<sup>42</sup>**

Criterio de Evaluación	Valor (COP)
Tasa de Descuento (CPPC = WACC)	10%
Valor Presente Neto (VPN = VAN)	-4.118.531.071
Costo Anual Equivalente (CAE)	-670.271.965
Valor Futuro (VF)	-10.682.408.911

Cuya lectura indica:

- 1) Para el VPN: La inversión total a realizar tanto por la rehabilitación y mejoramiento de la vía en asfalto como por su adecuado mantenimiento rutinario y periódico requeridos durante diez (10) años, asciende a \$4.118'531.071, valor expresado en unidades monetarias actuales (de hoy), considerando un costo de capital del 10% anual para el proyecto.
- 2) Para el CAE: Para un costo de capital del 10% anual, es lo mismo (equivalente) desembolsar hoy en un solo pago \$4.118'531.071 que diez (10) cuotas anuales iguales y sucesivas de \$670'271.965 al final de cada año; para cancelar todos los valores que demanda tanto la rehabilitación y mejoramiento inicial de la vía con acabo en asfalto como su adecuado mantenimiento durante diez (10) años.
- 3) Para el VF: La inversión a realizar tanto por la rehabilitación y mejoramiento de la vía en asfalto como por su adecuado mantenimiento rutinario y periódico requeridos durante diez (10) años, presentada de forma acumulada en un solo pago a realizar al final del período de evaluación del proyecto, asciende a un total de \$10.682'408.911.

---

<sup>42</sup> Fuente: La Autora

### **9.3.3.7.3 Decisión de conveniencia del proyecto en línea base a 10 años**

Con base en los resultados obtenidos a partir de los indicadores utilizados para la evaluación financiera del proyecto (VPN, CAE, VF) en el primer escenario de evaluación se obtiene que la mejor opción para seleccionar el acabado final del pavimento de la carretera es utilizar afirmado, ya que esta alternativa demanda una menor inversión durante los diez (10) años de evaluación.

Conforme los resultados del VPN, rehabilitar y mejorar la vía con acabado en afirmado y hacerle el manteniendo rutinario y periódico requerido durante diez (10) años, implica, a precios de hoy (unidades monetarias actuales), realizar una inversión total por valor de \$3.630'829.913; versus una inversión total de \$4.118'531.071 por los mismos conceptos, pero con acabado de la carretera en pavimento asfáltico.

Desde la perspectiva del CAE, el análisis comparativo de las alternativas conduce a que es preferible realizar diez (10) pagos mediante cuotas anuales de \$590'900,849 c/u al final de cada año, para atender los costos inherentes a la rehabilitación y mejoramiento iniciales de la vía en afirmado y su posterior mantenimiento rutinario y periódico por espacio de 10 años; que realizar diez (10) desembolsos anuales iguales y sucesivos de \$670'271,965 al final de cada año, por los mismos conceptos pero con acabado de la vía en asfalto.

Similar resultado se obtiene desde el punto de vista del VF del proyecto, pues financieramente es más conveniente realizar un solo pago por valor total de \$9.417'437.728 en el último día del horizonte de evaluación del proyecto, que hacerlo en las mismas condiciones por valor total de \$10.682'408.911. Correspondiendo el primer monto a la vía en afirmado y el segundo monto a la vía en asfalto.

En definitiva, es más costo eficiente construir y mantener la vía con acabado en afirmado. Así lo evidencian los resultados del VPN para sendas alternativas, que también se expresaron en sus equivalentes a un costo periódico (CAE) y en sus equivalentes a un manto al final del plazo de evaluación (VF). Indicadores todos que, obviamente, orientan la decisión de conveniencia financiera en igual sentido puesto que utilizan la misma tasa de descuento ( $WACC=10\%$ ) y plazo de evaluación (10 años) como información de base.

### **9.3.3.8 Flujos de Caja del Escenario 2 – Proyección a 25 Años**

Este apartado recoge los flujos de caja del proyecto definidos para el segundo escenario que comprende un período de veinticinco (25) años de evaluación, que es el mismo plazo que se tiene en el contrato de concesión de la subestación eléctrica, y considera ambas opciones de pavimento seleccionado: afirmado y asfalto.

#### **9.3.3.8.1 Flujo de caja a 25 años para vía en afirmado**

La Tabla 27 presenta el flujo de caja a veinticinco (25) años para la vía con pavimento en afirmado, considerando los costos de rehabilitación y mejoramiento y los costos asociados al mantenimiento rutinario y periódico requeridos para contar con un buen funcionamiento de la carretera, garantizando así la correcta operación de la subestación eléctrica.

**Tabla 27: Escenario 2 – Flujo de Caja a 25 Años – Vía con Pavimento en Afirmado<sup>43</sup>**

Flujo de Caja Anualizado		Flujo de Caja Neto (COP) <sup>1</sup>	Costo Rehabilitación y Mejoramiento (COP) <sup>2</sup>	Mantenimiento Rutinario (COP) <sup>3</sup>	Mantenimiento Periódico (COP) <sup>4</sup>
Tipo de Flujo de Caja	Año				
Flujo de Caja Inicial	Cero = 2011	-2.545.565.792	-2.545.565.792		
Flujo de Caja Año 1	2012	-149.158.631		-63.310.583	-85.848.048
Flujo de Caja Año 2	2013	-155.758.082		-66.476.112	-89.281.970
Flujo de Caja Año 3	2014	-162.653.166		-69.799.917	-92.853.249
Flujo de Caja Año 4	2015	-169.857.292		-73.289.913	-96.567.379
Flujo de Caja Año 5	2016	-177.384.483		-76.954.409	-100.430.074
Flujo de Caja Año 6	2017	-185.249.406		-80.802.129	-104.447.277
Flujo de Caja Año 7	2018	-193.467.404		-84.842.236	-108.625.168
Flujo de Caja Año 8	2019	-202.054.522		-89.084.347	-112.970.175
Flujo de Caja Año 9	2020	-211.027.546		-93.538.565	-117.488.982
Flujo de Caja Año 10	2021	-220.404.034		-98.215.493	-122.188.541
Flujo de Caja Año 11	2022	-230.202.350		-103.126.268	-127.076.082
Flujo de Caja Año 12	2023	-240.441.707		-108.282.581	-132.159.126
Flujo de Caja Año 13	2024	-251.142.201		-113.696.710	-137.445.491
Flujo de Caja Año 14	2025	-262.324.856		-119.381.546	-142.943.310
Flujo de Caja Año 15	2026	-274.011.666		-125.350.623	-148.661.043
Flujo de Caja Año 16	2027	-286.225.639		-131.618.154	-154.607.485
Flujo de Caja Año 17	2028	-298.990.846		-138.199.062	-160.791.784
Flujo de Caja Año 18	2029	-312.332.470		-145.109.015	-167.223.455
Flujo de Caja Año 19	2030	-326.276.859		-152.364.466	-173.912.393
Flujo de Caja Año 20	2031	-340.851.578		-159.982.689	-180.868.889
Flujo de Caja Año 21	2032	-356.085.468		-167.981.823	-188.103.645
Flujo de Caja Año 22	2033	-372.008.705		-176.380.915	-195.627.791
Flujo de Caja Año 23	2034	-388.652.863		-185.199.960	-203.452.902
Flujo de Caja Año 24	2035	-406.050.977		-194.459.958	-211.591.018
Flujo de Caja Año 25	2036	-424.237.615		-204.182.956	-220.054.659

Notas:

<sup>1</sup> Las cifras del flujo de caja neto surgen de la operación aditiva de las distintas erogaciones por concepto de inversiones y costos señaladas para cada año del horizonte de evaluación del proyecto.

<sup>2</sup> El costo total para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera con pavimento en afirmado ha desembolsar en el período cero del proyecto es de \$2.545'565.792, según el marco de las inversiones descritas en la Tabla 9.

<sup>43</sup> Fuente: La Autora

<sup>3</sup> Asegurar el mantenimiento de rutina de la vía con acabado en afirmado cuesta \$60'653.940 al año, expresados en valores equivalentes del período cero del proyecto, conforme se indica detalladamente en las Tablas 11 y 22. No obstante, dicha cifra se ajusta año a año, de forma progresiva, mediante la aplicación de una tasa que interpreta el crecimiento o variación anual proyectada del Salario Mínimo Legal en Colombia, y que corresponde al 4.38% para el año 1 y del 5.00% para cada uno de los siguientes veinticuatro (24) años del período de evaluación contemplado (Tabla 21)

<sup>4</sup> Garantizar el desarrollo de las distintas actividades relacionadas con el mantenimiento periódico de la vía con acabado en afirmado tiene un costo anual a precios de hoy de \$82'546.200 (Tablas 12 y 22). Sin embargo, tal costo se ajusta sucesiva y progresivamente cada año, mediante la aplicación de una tasa que interpreta la variación anual proyectada del Índice de Precios al Productor en Colombia, que corresponde al 4.00% para cada uno de los veinticinco (25) años del horizonte de evaluación del proyecto (Tabla 21)

En la Tabla 28 se muestran los resultados del Valor Presente Neto, del Costo Anual Equivalente y del Valor Futuro, relacionados con el “Flujo de Caja del Proyecto a Veinticinco (25) Años para la Vía con Pavimento en Afirmado”.

**Tabla 28: Cálculo VPN, CAE y VF para Flujo de Caja a 25 Años – Vía con Pavimento en Afirmado<sup>44</sup>**

<b>Criterio de Evaluación</b>	<b>Valor (COP)</b>
Tasa de Descuento (CPPC = WACC)	10%
Valor Presente Neto (VPN = VAN)	-4.494.784.729
Costo Anual Equivalente (CAE)	-495.181.768
Valor Futuro (VF)	-48.699'670.815

Cuya lectura indica:

- 1) Para el VPN: La inversión total a realizar tanto por la rehabilitación y mejoramiento de la vía en afirmado como por su adecuado mantenimiento rutinario y periódico requeridos durante veinticinco (25) años, asciende a \$4.494'784.729, valor expresado en unidades monetarias actuales (de hoy), considerando un costo de capital del 10% anual para el proyecto.

---

<sup>44</sup> Ídem



- 2) Para el CAE: Para un costo de capital del 10% anual, es lo mismo (equivalente) desembolsar hoy en un solo pago \$4.494'784.729 que veinticinco (25) cuotas anuales iguales y sucesivas de \$495'181.768 al final de cada año; para cancelar todos los valores que demanda tanto la rehabilitación y mejoramiento inicial de la vía en afirmado como su adecuado mantenimiento durante veinticinco (25) años.
- 3) Para el VF: La inversión a realizar por concepto de rehabilitación y mejoramiento de la carretera con acabado en afirmado y el mantenimiento rutinario y periódico requeridos durante veinticinco (25) años, presentada de forma acumulada en un solo pago a realizar al final del período de evaluación del proyecto, asciende a un total de \$48.699'670.815.

#### 9.3.3.8.2 Flujo de caja a 25 años para vía en pavimento flexible

La Tabla 29 presenta el flujo de caja a veinticinco (25) años para la vía con pavimento en asfalto, considerando los costos de rehabilitación y mejoramiento y los costos asociados al mantenimiento rutinario y periódico requeridos para contar con un buen funcionamiento de la carretera, garantizando así la correcta operación de la subestación eléctrica.

**Tabla 29: Escenario 2 – Flujo de Caja a 25 Años – Vía con Pavimento en Asfalto<sup>45</sup>**

Flujo de Caja Anualizado		Flujo de Caja Neto (COP) <sup>1</sup>	Costo Rehabilitación y Mejoramiento (COP) <sup>2</sup>	Mantenimiento Rutinario (COP) <sup>3</sup>	Mantenimiento Periódico (COP) <sup>4</sup>
Tipo de Flujo de Caja	Año				
Flujo de Caja Inicial	Cero = 2011	-3.516.322.950	-3.516.322.950		
Flujo de Caja Año 1	2012	-82.319.973		-46.373.242	-35.946.732
Flujo de Caja Año 2	2013	-86.076.505		-48.691.904	-37.384.601
Flujo de Caja Año 3	2014	-90.006.484		-51.126.499	-38.879.985
Flujo de Caja Año 4	2015	-94.118.008		-53.682.824	-40.435.184
Flujo de Caja Año 5	2016	-98.419.557		-56.366.965	-42.052.592

<sup>45</sup> Fuente: La Autora

Flujo de Caja Anualizado		Flujo de Caja Neto (COP) <sup>1</sup>	Costo Rehabilitación y Mejoramiento (COP) <sup>2</sup>	Mantenimiento Rutinario (COP) <sup>3</sup>	Mantenimiento Periódico (COP) <sup>4</sup>
Tipo de Flujo de Caja	Año				
Flujo de Caja Año 6	2017	-102.920.009		-59.185.314	-43.734.695
Flujo de Caja Año 7	2018	-107.628.662		-62.144.579	-45.484.083
Flujo de Caja Año 8	2019	-112.555.255		-65.251.808	-47.303.446
Flujo de Caja Año 9	2020	-117.709.983		-68.514.399	-49.195.584
Flujo de Caja Año 10	2021	-123.103.526		-71.940.119	-51.163.408
Flujo de Caja Año 11	2022	-128.747.068		-75.537.124	-53.209.944
Flujo de Caja Año 12	2023	-134.652.322		-79.313.981	-55.338.342
Flujo de Caja Año 13	2024	-140.831.555		-83.279.680	-57.551.875
Flujo de Caja Año 14	2025	-147.297.614		-87.443.664	-59.853.950
Flujo de Caja Año 15	2026	-154.063.955		-91.815.847	-62.248.108
Flujo de Caja Año 16	2027	-161.144.672		-96.406.639	-64.738.033
Flujo de Caja Año 17	2028	-168.554.525		-101.226.971	-67.327.554
Flujo de Caja Año 18	2029	-176.308.976		-106.288.320	-70.020.656
Flujo de Caja Año 19	2030	-184.424.218		-111.602.736	-72.821.483
Flujo de Caja Año 20	2031	-192.917.214		-117.182.873	-75.734.342
Flujo de Caja Año 21	2032	-201.805.732		-123.042.016	-78.763.716
Flujo de Caja Año 22	2033	-211.108.381		-129.194.117	-81.914.264
Flujo de Caja Año 23	2034	-220.844.658		-135.653.823	-85.190.835
Flujo de Caja Año 24	2035	-231.034.982		-142.436.514	-88.598.468
Flujo de Caja Año 25	2036	-241.700.746		-149.558.340	-92.142.407

Notas:

<sup>1</sup> El flujo de caja neto se obtiene a partir de la sumatoria de los diferentes desembolsos a incurrir en cada período del horizonte de evaluación del proyecto.

<sup>2</sup> El costo total de rehabilitación y mejoramiento de la carretera con pavimento asfáltico es de \$3.516'322.950, conforme las inversiones determinadas en la Tabla 10, que se plantean sean ejecutadas en el momento cero del proyecto.

<sup>3</sup> El costo total ha incurrir por concepto del mantenimiento de tipo rutinario de la carretera con acabado asfáltico es de \$44'427.325 por año, en valores equivalentes del período cero del proyecto (Tablas 13 y 22). Sin embargo, dicho costo se ajusta anualmente y de forma progresiva mediante la aplicación de una tasa que interpreta la variación proyectada del Salario Mínimo Legal en Colombia, que corresponde al 4.38% para el primer año y al 5.00% para cada uno de los restantes veinticuatro (24) años del período de evaluación establecido (Tabla 21)

<sup>4</sup> Las actividades requeridas para el mantenimiento de tipo periódico de la carretera con acabado en asfalto demandan un costo total de \$34'564.165 al año, en valores equivalentes del período cero del proyecto (Tablas 14 y 22). Costo que año a año se ajusta de forma progresiva con una tasa del 4.00% que representa la variación anual proyectada del Índice de Precios al Productor en Colombia (Tabla 21)

La Tabla 30 contiene los resultados del Valor Presente Neto, del Costo Anual Equivalente y del Valor Futuro correspondientes al “Flujo de Caja del Proyecto a Veinticinco (25) Años para la Vía con Pavimento Asfáltico”.

**Tabla 30: Cálculo VPN, CAE y VF para Flujo de Caja a 25 Años – Vía con Pavimento en Asfalto<sup>46</sup>**

Criterio de Evaluación	Valor (COP)
Tasa de Descuento (CPPC = WACC)	10%
Valor Presente Neto (VPN = VAN)	-4.605.614.445
Costo Anual Equivalente (CAE)	-507.391.664
Valor Futuro (VF)	-49.900'478.202

Cuya lectura indica:

- 1) Para el VPN: La inversión total a realizar tanto por la rehabilitación y mejoramiento de la vía en asfalto como por su adecuado mantenimiento rutinario y periódico durante veinticinco (25) años, asciende a \$4.605'614.445, valor expresado en unidades monetarias actuales (de hoy), considerando un costo de capital del 10% anual para el proyecto.
- 2) Para el CAE: Para un costo de capital del 10% anual, es lo mismo (equivalente) desembolsar hoy en un solo pago \$4.605'614.445 que veinticinco (25) cuotas anuales iguales y sucesivas de \$507'391.664 al final de cada año; para cancelar todos los valores que demanda tanto la rehabilitación y mejoramiento inicial de la vía en asfalto como su adecuado mantenimiento durante veinticinco (25) años.
- 3) Para el VF: La inversión para realizar la rehabilitación y mejoramiento de la vía en asfalto y cubrir el mantenimiento rutinario y periódico requeridos durante

---

<sup>46</sup> Fuente: La Autora

veinticinco (25) años, presentada de forma acumulada en un solo pago a realizar al final del período de evaluación del proyecto, asciende a un total de \$49.900'478.202.

#### **9.3.3.8.3 Decisión de conveniencia del proyecto en línea base a 25 años:**

Para el segundo escenario de evaluación se obtiene igualmente, que la mejor opción para seleccionar el acabado final del pavimento de la carretera es utilizar afirmado, ya que para esta opción se requiere realizar una menor inversión durante los veinticinco (25) años del período de concesión de la subestación eléctrica. Situación que se ratifica con los resultados de los indicadores utilizados en la evaluación financiera del proyecto (VPN, CAE, VF) que a continuación se interpretan.

Según el VPN, la rehabilitación y mejoramiento de la carretera con acabado en afirmado y el manteniendo rutinario y periódico requerido por veinticinco (25) años, cuesta, a precios de hoy (unidades monetarias actuales), \$4.494'784.729; frente a una inversión total de \$4.605'614.445 por los mismos conceptos, pero con acabado de la vía en asfalto.

Con relación al CAE, es preferible realizar veinticinco (25) pagos de \$495'181.768 c/u, al final de cada año, para atender los costos asociados con la rehabilitación y mejoramiento iniciales de la carretera en afirmado y su posterior mantenimiento rutinario y periódico durante veinticinco (25) años; que realizar veinticinco (25) desembolsos anuales iguales y sucesivos de \$507'391.664 al final de cada año, por los mismos conceptos, pero con acabado de la vía en asfalto.

Conforme el VF del proyecto, conviene más financieramente realizar el último día del período de evaluación del proyecto un único pago de \$48.699'670.815, que demanda la vía en afirmado; que hacerlo en las mismas condiciones por un total de \$49.900'478.202, que demanda la vía en asfalto.

En suma, resulta más costo eficiente construir y mantener la carretera con acabado en afirmado, tal como lo confirman los resultados del VPN para ambas alternativas consideradas, que igualmente se expresaron en sus equivalentes, por un lado, a un costo periódico (CAE) y, de otro lado, a un monto al final del plazo de evaluación (VF). Indicadores todos que, obviamente, también orientan la decisión de conveniencia financiera en igual sentido puesto que utilizan la misma tasa de descuento (WACC = 10%) y plazo de evaluación (25 años) como información de base.

### 9.3.3.9 Análisis de Sensibilidad

La Tabla 31 presenta un resumen de los costos de la vía con pavimento en afirmado y en asfalto con sus correspondientes factores de ajuste para la indexación de las cifras, considerando la proyección de las mismas tanto para el escenario uno con proyección a 10 años como para el escenario dos con proyección a 25 años, calculados en el desarrollo de este trabajo.

**Tabla 31: Resumen de Costos y Factores de Ajuste o Indexación de las Cifras<sup>47</sup>**

Concepto de Costo para los 5 Km/Año	Vía con Pavimento en Afirmado	Vía con Pavimento en Asfalto	Factor de Ajuste o Indexación de las Cifras		
			Criterio Utilizado	V/r Año 2012	V/r Años 2013 a 2036
Total Rehabilitación y Mejoramiento	2.545.565.792	3.516.322.950	Costos Año 0	No Aplica	No Aplica
Total Mantenimiento Rutinario	60.653.940	44.427.325	Variación SML	4,38%	5,00%
Total Mantenimiento Periódico	82.546.200	34.564.165	IPP	4,00%	4,00%

Sin embargo, los resultados de la evaluación del proyecto en su línea base pueden cambiar en función de modificaciones introducidas en las variables o parámetros estimados inicialmente (WACC, Variaciones anuales futuras del SML e

<sup>47</sup> Fuente: La Autora

IPP), para conocer el efecto que de forma significativa o no puedan tener en los nuevos indicadores financieros del proyecto.

Para tener en cuenta el impacto de estas variaciones en la decisión final de selección del tipo de pavimento, se realizan unos análisis de sensibilidad simples, introduciendo variaciones en una sola variable, y unos análisis de sensibilidad compuestos, introduciendo variaciones en dos o más variables simultáneamente.

Aunque no se conocen las probabilidades se manejan ciertos porcentajes de cambio de las variables que permiten estimar la sensibilidad del proyecto a cada una de ellas y obtener escenarios distintos (optimista, probable, pesimista), que permitirán tomar una nueva decisión o ratificar las conclusiones obtenidas con la evaluación inicial del proyecto en su línea base.

De otro lado, la Tabla 32 presenta un análisis de sensibilidad que permite analizar los riesgos inherentes de tipo financiero que pueden impactar la estructura de inversiones y costos asociados con la carretera frente a cambios en las variables críticas o parámetros definidos inicialmente para la evaluación financiera, constituyéndose en una herramienta de gran ayuda para orientar la toma de decisiones sobre el acabado definitivo del pavimento con el cual se construirá la carretera.

Los Escenarios 1, 2 y 3 presentan unos análisis de sensibilidad simples, considerando solo el cambio del WACC de un valor inicial de 10% anual a valores del 11%, 12% y 13% anuales respectivamente, valores estos que pueden ser adoptados por la empresa promotora del proyecto (concesionaria de la

subestación eléctrica), según las proyecciones del sector eléctrico para empresas de distribución.<sup>48</sup>

Los Escenarios 4, 5, 6 y 7 presentan unos análisis de sensibilidad compuestos, considerando el cambio simultáneo tanto del WACC tomando valores del 10%, 11%, 12% y 13% anuales basados en los estudios relacionados en el numeral anterior, como unas variaciones anuales del SML en un 1% adicional por año y unas variaciones anuales del IPP en un 1% adicional por año.

Los Escenarios 8, 9, 10 y 11 también presentan unos análisis de sensibilidad compuestos, considerando la modificación tanto del WACC tomando valores del 10%, 11%, 12% y 13% anuales basados en los estudios relacionados en el numeral anterior, como unas variaciones anuales del SML a razón del 2% adicional por año y unas variaciones anuales del IPP a razón del 2% adicional por año.

En suma, nótese como los resultados obtenidos mediante el análisis de riesgo o sensibilidad sustentan la alternativa de acabado en afirmado como la mejor opción para todos los escenarios analizados, excepto el caso particular que corresponde al Escenario 8 de la proyección realizada a 25 años, donde el menor registro del VPN se logra para la alternativa de pavimento en asfalto.

#### **9.3.3.10 Conclusión del Análisis de Sensibilidad**

La Tabla 32 anexa a continuación da cuenta en detalle de los resultados obtenidos para los indicadores financieros previamente definidos, que permiten orientar la toma de la decisión de conveniencia financiera respecto de la clase de acabado

---

<sup>48</sup> Metodología y cálculo de los WACC para la actividad mayorista y minorista. Ministerio de Minas y Energía – Itansuca.

del pavimento de la vía, bien para el proyecto en las condiciones originales que comprenden su línea de base o bien para cada uno de los once (11) escenarios de riesgo simples y complejos modelados para el proyecto; e incluso generando análisis comparativos para los dos (2) períodos en que se decidió construir los horizontes temporales para la evaluación financiera del proyecto (proyecciones a 10 y 25 años)

Conforme los resultados del VPN logrados para los Escenarios 1, 2 y 3, con WACC del 11%, 12% y 13% anuales respectivamente, se evidencia que la inversión total del proyecto en unidades monetarias actuales es siempre menor para la alternativa de terminar la carretera con afirmado en lugar de hacerlo con pavimento asfáltico. Sendos escenarios confirman la misma conclusión arrojada para el proyecto en su línea de base, según la cual existe mayor conveniencia financiera en la opción de construir la vía con material de afirmado. Adicionalmente, puede apreciarse como en la medida en que la tasa de descuento crece ceteris paribus el VPN de cada alternativa es lógicamente menor pero también nótese como las diferencias netas en valores absolutos a las que se puede llegar al restar los VPN de ambas alternativas (en cada escenario) es cada vez mayor a favor del caso de la vía en afirmado, es decir, que simplemente el impacto de aumentar el WACC ceteris paribus se refleja en favorecer aún más la alternativa ya seleccionada (vía en afirmado)

Los VPN registrados para los Escenarios 4, 5, 6 y 7, donde se introducen modificaciones paralelas al WACC, a la variación anual del SML y a la variación anual del IPP, igualmente ratifican de plano que desde la perspectiva financiera es más costo eficiente darle acabado definitivo a la carretera con material de afirmado, que someterse a realizarlo con pavimento flexible.

Excepcionalmente o de forma atípica el Escenario 8, modelado con WACC del 10% y variaciones anuales del SML e IPP con aumentos adicionales del 2%, y



solo para el período de proyección a 25 años; registra un VPN de \$4.855'675.642 para la opción del pavimento asfáltico el cual resulta levemente inferior a la opción de afirmado que llega a un VPN de \$4.939'925.770. No obstante, se trata de un caso aislado que no cobra relevancia para cambiar la tendencia de la evaluación e impactar la decisión hacia la conveniencia financiera de utilizar el afirmado para el acabado de la carretera.

De nuevo, los VPN para los Escenarios 9, 10 y 11 conllevan al mismo resultado de confirmación al extremo y de manera reiterada, de marcharle mejor al material de afirmado que al material de pavimento asfáltico, por razones de economía en costos.

Ahora bien, por extensión, los resultados de los otros indicadores: Costo Anual Equivalente (CAE) y Valor Futuro (VF) conducen al mismo análisis efectuado con el criterio del Valor Presente Neto (VPN) para todos los escenarios previstos, puesto que como ya se mencionó, son formulaciones matemáticas que se derivan de la misma información de base (Tasa de descuento, plazo); sin embargo, para una mayor ilustración la Tabla 30 contempla los resultados de cálculo del CAE.

En definitiva, con fundamento en las múltiples variantes creadas para el análisis de riesgo o sensibilidad se ratifica o confirma la determinación original arrojada por el proyecto en su línea base y en todos los escenarios verificados (excepto el caso marginal comentado) de resultar más conveniente desde la perspectiva netamente financiera intervenir la vía no con pavimento en asfalto sino con acabado en afirmado.

Los cambios que puedan acontecer a futuro con incidencia en el Costo Promedio Ponderado de Capital; en las variaciones anuales esperadas para el Salario Mínimo Legal, que es la variable crítica para ajustar los costos del mantenimiento rutinario de la vía; y en las variaciones anuales proyectadas para el Índice de

Precios al Productor, parámetro con el cual se plantea indexar los costos del mantenimiento periódico de la carretera; no implican cambios sustanciales en la decisión que se pueda tomar con los datos, información y criterios de evaluación financiera introducidos para el proyecto en su línea base, por el contrario, ratifican que tal decisión es la correcta.

**Tabla 32: Análisis de Sensibilidad<sup>49</sup>**

Escenario del Proyecto	Descripción del Escenario	Criterios de Evaluación del Proyecto Vía en Afirmado				Criterios de Evaluación del Proyecto Vía en Asfalto			
		Proyección a 10 Años		Proyección a 25 Años		Proyección a 10 Años		Proyección a 25 Años	
		VPN	CAE	VPN	CAE	VPN	CAE	VPN	CAE
Proyecto Línea Base	Condiciones originales del Proyecto	-3.630.829.920	-590.900.849	-4.494.784.729	-495.181.768	-4.118.531.071	-670.271.965	-4.605.614.445	-507.391.665
Escenario 1	Análisis de Sensibilidad Simple, Considerando solo el cambio del WACC = 11%	-3.582.472.284	-608.308.906	-4.323.473.245	-513.370.260	-4.091.641.437	-694.766.555	-4.509.315.268	-535.437.186
Escenario 2	Análisis de Sensibilidad Simple, Considerando solo el cambio del WACC = 12%	-3.537.323.163	-626.050.183	-4.174.666.082	-532.269.799	-4.066.537.863	-719.712.805	-4.425.707.664	-564.277.594
Escenario 3	Análisis de Sensibilidad Simple, Considerando solo el cambio del WACC = 13%	-3.495.121.889	-644.114.460	-4.044.813.308	-551.817.408	-4.043.075.148	-745.096.523	-4.352.785.553	-593.832.807
Escenario 4	Análisis de sensibilidad compuesto, considerando el WACC = 10%, variación anual del SML en un 1% adicional por año y variación anual del IPP en un 1% adicional por año	-3.685.040.152	-599.723.315	-4.702.197.873	-518.032.075	-4.148.641.240	-675.172.257	-4.722.110.069	-520.225.763
Escenario 5	Análisis de sensibilidad compuesto, considerando el WACC = 11%, variación anual del SML en un 1% adicional por año y variación anual del IPP en un 1% adicional por año	-3.633.503.049	-616.974.003	-4.504.542.257	-534.870.438	-4.119.983.520	-699.579.081	-4.610.965.233	-547.507.128
Escenario 6	Análisis de sensibilidad compuesto, considerando el WACC = 12%, variación anual del SML en un 1% adicional por año y variación anual del IPP en un 1% adicional por año	-3.585.411.970	-634.561.141	-4.333.456.226	-552.515.538	-4.093.244.023	-724.439.372	-4.514.807.304	-575.637.795

<sup>49</sup> Fuente: La Autora

Escenario del Proyecto	Descripción del Escenario	Criterios de Evaluación del Proyecto Vía en Afirmado				Criterios de Evaluación del Proyecto Vía en Asfalto			
		Proyección a 10 Años		Proyección a 25 Años		Proyección a 10 Años		Proyección a 25 Años	
		VPN	CAE	VPN	CAE	VPN	CAE	VPN	CAE
Escenario 7	Análisis de sensibilidad compuesto, considerando el WACC = 13%, variación anual del SML en un 1% adicional por año y variación anual del IPP en un 1% adicional por año	-3.540.485.632	-652.474.525	-4.184.688.308	-570.899.984	-4.068.266.074	-749.738.948	-4.431.233.589	-604.535.153
Escenario 8	Análisis de sensibilidad compuesto, considerando el WACC = 10%, variación anual del SML en un 2% adicional por año y variación anual del IPP en un 2% adicional por año	-3.742.283.192	-609.039.356	-4.939.925.770	-544.222.099	-4.180.436.287	-680.346.754	-4.855.675.642	-534.940.425
Escenario 9	Análisis de sensibilidad compuesto, considerando el WACC = 11%, variación anual del SML en un 2% adicional por año y variación anual del IPP en un 2% adicional por año	-3.687.359.301	-626.118.872	-4.711.354.774	-559.427.406	-4.149.895.234	-704.658.133	-4.727.106.389	-561.297.757
Escenario 10	Análisis de sensibilidad compuesto, considerando el WACC = 12%, variación anual del SML en un 2% adicional por año y variación anual del IPP en un 2% adicional por año	-3.636.135.621	-643.538.424	-4.514.189.874	-575.559.073	-4.121.413.842	-729.424.984	-4.616.254.976	-588.572.370
Escenario 11	Análisis de sensibilidad compuesto, considerando el WACC = 13%, variación anual del SML en un 2% adicional por año y variación anual del IPP en un 2% adicional por año	-3.588.308.741	-661.287.824	-4.343.337.375	-592.543.830	-4.094.823.117	-754.633.133	-4.520.242.573	-616.678.286

## 10. CONCLUSIONES

- El Gobierno Nacional ha dado en los últimos años distintas señales de mercado para que Colombia se convierta en un clúster energético en la región andina y en centroamericana, con intercambios de productos energéticos entre los distintos países, cuyo primer paso se inició con las operaciones del esquema de Transacciones Internacionales de Electricidad (TIE). Circunstancias que contemplan en el presente y a futuro la materialización de proyectos que permitan el desarrollo y consolidación del sector eléctrico mediante el logro de los objetivos de los planes de expansión promovidos por el Gobierno que, a su turno, demandan la construcción de carreteras para el acceso a los mismos; requiriéndose, en consecuencia, de la claridad suficiente para acometer realizaciones que ayuden a racionalizar los costos constructivos y operativos de proyectos de infraestructura eléctrica, tales como subestaciones de energía, plantas de generación y micro centrales.
- La decisión conducente a la selección del tipo de pavimento para el acabado de la vía objeto del presente estudio se sustenta a partir de la identificación, el análisis técnico o de ingeniería, la estimación de inversiones iniciales y costos futuros, y la evaluación financiera (con criterios que consideran el principio del valor del dinero en el tiempo) del conjunto de actividades asociadas con la ejecución de los trabajos de rehabilitación y mejoramiento de la carretera y los mantenimientos rutinarios y periódicos requeridos para garantizar la prestación continua y segura del servicio, consultando los lineamientos definidos por el Ministerio de Transporte en su publicación “Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria (pavimentada y en afirmado)”.
- Conforme el alcance del estudio técnico se establece que la ejecución de las obras de rehabilitación y mejoramiento de la vía en cemento son de gran

importancia para la puesta en operación de la subestación eléctrica, puesto que permiten contar con un acceso seguro y confiable para ejecutar las labores propias de su mantenimiento y operación continua. Adicionalmente, tal acondicionamiento de la carretera resulta viable, desde el punto de vista técnico, para sendas alternativas evaluadas, bien sea con terminación en afirmado o mediante pavimento flexible, dado que ambos tipos de acabado reúnen apropiadas condiciones de transitabilidad.

- Con la evaluación realizada a partir de los datos técnicos de rehabilitación y mantenimiento de la vía en estudio, se encuentra que para este tipo de carreteras privadas que sirven a una subestación eléctrica de alta tensión con condiciones de tránsito promedio bajo, el umbral de pavimentación se obtiene para la opción de rehabilitar y mejorar la carretera con pavimento en afirmado, conservando los costos previstos para su rehabilitación y mejoramiento y proyectando los costos inherentes al mantenimiento de la misma durante la vida útil del proyecto.
- De acuerdo con el análisis de alternativas realizado para la selección del pavimento con el cual se debe construir la vía de acceso a la subestación eléctrica en estudio, se concluye que el acabado que garantiza las condiciones de acceso y movilidad al menor costo, considerando no solo la inversión en los trabajos de rehabilitación y mejoramiento durante la etapa inicial, sino también los costos proyectados asociados al mantenimiento rutinario y periódico de la vía durante la operación del proyecto, es el afirmado. Situación corroborada con los resultados de los indicadores financieros utilizados en la evaluación (VPN, CAE y VF), tanto para el proyecto en línea base como en los distintos escenarios del análisis de sensibilidad; que manifiestan que la alternativa de la vía en afirmado es la más costo eficiente al presentar el VPN menos negativo, o sea, señalando un menor esfuerzo en recursos de inversión destinados al proyecto expresados en unidades monetarias equivalentes de hoy.

- Según los presupuestos iniciales presentados para la construcción y mantenimiento de la carretera en ambos tipos de acabado se interpreta que mantener una vía terciaria privada afirmada en buen estado de operación significa incurrir anualmente en costos de mantenimiento rutinario y periódico que en su conjunto (a precios de 2011) resultan cerca del doble del costo global del mantenimiento rutinario y periódico para el caso de vías en asfalto; sin embargo, ello se justifica plenamente puesto que los beneficios de la menor inversión inicial para ejecutar las obras de rehabilitación y mejoramiento de la carretera con acabado en afirmado son lo suficientemente representativos como para cubrir el impacto de los mayores costos de su mantenimiento y arrojar, en definitiva, una menor inversión total expresada en unidades monetarias de hoy (valor descontado de los mantenimientos futuros más la inversión inicial); en contraste con la vía en asfalto que demanda mayor inversión al principio y menores costos de mantenimiento futuros, pero que en últimas resulta una alternativa más onerosa en términos de su valor actual. Por consiguiente, con la evaluación financiera realizada para esta carretera en particular, y por extensión para vías de similares condiciones, se aportan elementos que ayudan a discernir y romper el paradigma que en la práctica se tiene en el sector de la construcción y mantenimiento de carreteras, que es coherente con la interpretación enunciada anteriormente y según el cual, en apariencia, es mejor construir y mantener carreteras con pavimento en asfalto debido a los altos costos de mantenimiento en que se incurre para carreteras en afirmado.
- Existe total coherencia y consecuencia en los resultados obtenidos con los indicadores utilizados para la evaluación financiera, puesto que en los doce (12) escenarios verificados con horizonte de evaluación a diez (10) años (uno de línea base y once más de situaciones de riesgo o sensibilidad), y en los otros doce (12) escenarios estudiados con horizonte de evaluación a veinticinco (25) años; se llega a la misma conclusión general de validar la

alternativa de construir la carretera de acceso a la subestación eléctrica objeto del presente trabajo con acabado en material de afirmado, en lugar de incurrir en sobrecostos innecesarios haciéndolo con pavimento flexible.



## 11. RECOMENDACIONES

- La importancia del mantenimiento de las obras de infraestructura muchas veces no es considerada en su real dimensión. En el caso de la infraestructura vial, el proceso de deterioro de una carretera no se hace aparente o visible hasta que la carretera ya se encuentra en tan mal estado que la intervención a través de un mantenimiento ya no es suficiente. En estos casos, se hace necesario actuar de forma reactiva para rehabilitar la vía, pero incurriendo en costos muy superiores a los que hubiese implicado su permanente y adecuado mantenimiento. Por tal razón, se sugiere a la empresa promotora del proyecto de la subestación eléctrica establecer un programa de mantenimiento rutinario y periódico (preventivo y correctivo) de la carretera de acceso a la misma, para que sea ejecutado bajo los parámetros y criterios indicados en el presente estudio.
- El estudio pudiera profundizarse considerando como otras opciones para la carretera de la subestación eléctrica, un doble escenario en el cual se tome la determinación previa de no ejecutar trabajo alguno de mantenimiento rutinario y periódico durante el período de evaluación del proyecto, a cambio de realizar única y exclusivamente los trabajos necesarios de reconstrucción o rehabilitación de la vía solo cuando se haga presente la situación específica de deterioro que requiere la intervención (derrumbes, desprendimiento de banca, obstrucción de tuberías, etc.). No obstante, la gran utilidad que ofrece el poder verificar estas alternativas tienen como limitantes la escasa información técnica disponible al respecto e insuficiencia de datos estadísticos históricos y series de tiempo para validar los resultados.
- Un análisis suplementario al presente trabajo pudiera ser hacerlo extensivo para conocer los resultados comparados de estudios de factibilidad financiera

para otras categorías de vías como son las públicas de orden secundarias y terciarias, con el propósito de obtener conclusiones y presentar recomendaciones que impliquen mayores generalidades sobre la materia.

- El resultado de este trabajo sugiere que otro análisis suplementario pudiera ser realizar una evaluación financiera sobre otros tipos de pavimentos en vías terciarias públicas como son la utilización de rieles en piedra y concreto o la aplicación de tratamientos superficiales sobre el afirmado, que requieran menos inversión que las exigidas por un pavimento en asfalto y que asociados con un programa de mantenimiento rutinario y periódico eficiente, puedan garantizar buenas condiciones de operación en este tipo de vías. Sería conveniente realizar este tipo de evaluaciones financieras en aras a la optimización del recurso financiero en vías terciarias que se requieren mantener en buenas condiciones de operación y para las cuales no se dispone de recursos suficientes para la pavimentación en asfalto.

## BIBLIOGRAFIA Y CIBERGRAFÍA

Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto 1220 de 2005, Abril 21, por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales. Bogotá: El Ministerio; 2006.

Colombia. Ministerio de Transporte – Instituto Nacional de Vías. Resolución 07106 de 2009, Diciembre 02, por la cual se adopta la Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura Subsector Vial – como instrumento de autogestión y autorregulación. Bogotá: El Ministerio; 2009.

DNP – Departamento Nacional de Planeación. Plan Nacional de Desarrollo.

[Artículo de Internet].

[http://www.andesco.org.co/site/assets/media/DNP\\_PND\\_Marzo\\_2011.pdf](http://www.andesco.org.co/site/assets/media/DNP_PND_Marzo_2011.pdf)

[Consulta: 31 de Julio de 2011].

DNP – Departamento Nacional de Planeación. Un cuatrienio de oportunidades.

[Artículo de Internet].

<http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/LinkClick.aspx?fileticket=8g7YTLGNNOo%3d&tabid=82>

[Consulta: 31 de Julio de 2011].

DNP – Departamento Nacional de Planeación. El Sector del Transporte en el PND. [Artículo de Internet].

<http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/LinkClick.aspx?fileticket=pfUiAGFRUug%3d&tabid=82>

[Consulta: 31 de Julio de 2011].

DNP – Departamento Nacional de Planeación. Las políticas de atracción de inversión en infraestructura pública -Estado Actual y Futuros Desarrollos. [Artículo de Internet].

[http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/LinkClick.aspx?fileticket=0spl\\_kfGRqA%3d&tabid=82](http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/LinkClick.aspx?fileticket=0spl_kfGRqA%3d&tabid=82)

[Consulta: 31 de Julio de 2011].

DNP – Departamento Nacional de Planeación. Infraestructura para el desarrollo. [Artículo de Internet].

[http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/2019/Documentos/Documento\\_Infraestructura\\_1.pdf](http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/2019/Documentos/Documento_Infraestructura_1.pdf) [Consulta: 07 de Agosto de 2011].

Flórez F., Conservación de carreteras nacionales en Colombia, un ejemplo a seguir. Manizales: Universidad Nacional de Colombia. 2001

Gunter J. Zietlow. Sinopsis de Manuales de Construcción y Mantenimiento Vial en América Latina y el Caribe. Versión 1. [Artículo de Internet].

<http://www.camineros.com/docs/cam021.pdf> [Consulta: 04 de Septiembre de 2011].

INVIAS. Análisis de Precios Unitarios. República de Colombia. Regional Antioquia y Cundinamarca. 2011

INVIAS. Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria (afirmado y pavimento). [Artículo de Internet].

<http://pvr.mintransporte.gov.co:8095/PLANVIAL/images/stories/documentos/pavimentos1> [Consulta: 26 de Junio de 2011].

INVIAS. Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura” – Subsector vial. Instituto Nacional de Vías y Ministerio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Octubre de 2007

MMECREG – 1526 - 02. Consultas CREG Fórmulas tarifarias. Bogotá D. C., 3 de mayo de 2002. [Artículo de Internet].

<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Conceptos.Creg-2002-C021526>

[Consulta: 20 de Octubre de 2011]

Manual de vías en afirmado. [Sitio en Internet]. Disponible en

<http://zip.rincondelvago.com/00065363>. [Acceso el 26 de Junio del 2011].

Ministerio de Minas y Energía – Itansuca Proyectos de Ingeniería S.A.  
Metodología y estimación del costo promedio ponderado de capital (WACC) para  
empresas de Distribución de Energía Eléctrica. . [Artículo de Internet].  
[http://www.siel.gov.co/Siel/Documentos/documentacion/Distribucion/Asocodis\\_Uniandes\\_EstudioWACC\\_2007.pdf](http://www.siel.gov.co/Siel/Documentos/documentacion/Distribucion/Asocodis_Uniandes_EstudioWACC_2007.pdf) [Consulta: 20 de Octubre de 2011]

Ministerio de Tránsito y Transporte. Diagnóstico de Gobierno en Línea del Sector  
Transporte. [Artículo de Internet]. [http://programa.gobiernoenlinea.gov.co/apc-aa-files/5854534aee4eee4102f0bd5ca294791f/SECTOR\\_TRANSPORTE\\_documentos\\_diagnostico\\_JUNIO\\_2010\\_1.pdf](http://programa.gobiernoenlinea.gov.co/apc-aa-files/5854534aee4eee4102f0bd5ca294791f/SECTOR_TRANSPORTE_documentos_diagnostico_JUNIO_2010_1.pdf) [Consulta: 07 de Agosto de 2011].

Peña O., Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos con asfaltos. [Artículo de Internet] <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/7301/Capitulo1.pdf>. Fecha de consulta: Julio 20/2011

Sánchez F., Vías en afirmado – Módulo 21. [Artículo de Internet].  
[http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina\\_via/modulos/MODULO%2021.pdf](http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%2021.pdf)  
[Consulta: 26 de Junio de 2011].